

Ph.D. Értekezés

**PANELÉPÜLETEK FELÚJÍTÁS
OPTIMALIZÁCIÓJA A BIM SEGÍTSÉGÉVEL**

Szerző:

Rák Olivér

Témavezetők:

dr. Borsos Ágnes

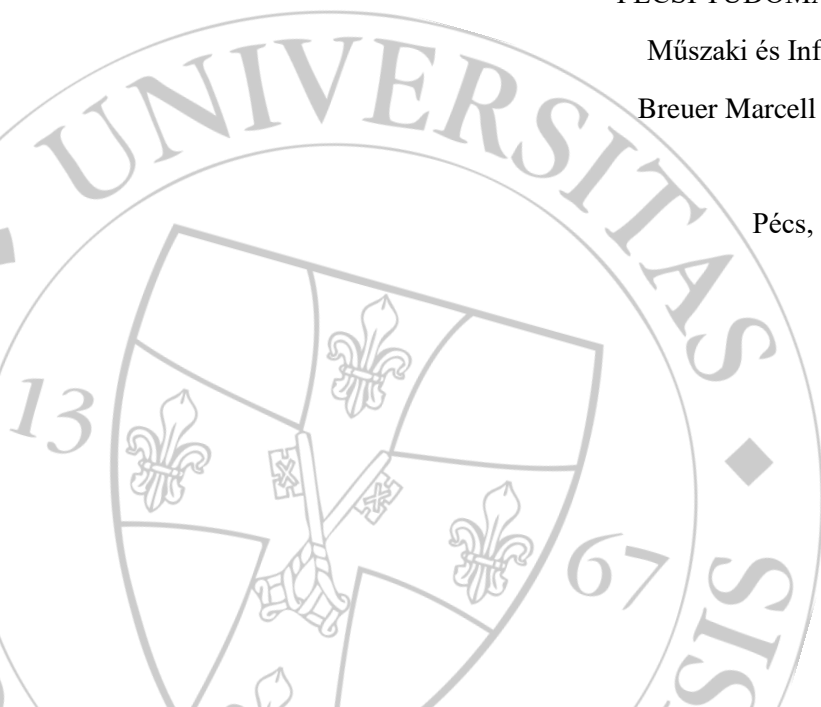
Prof. Dr. Iványi Péter

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM

Műszaki és Informatikai Kar

Breuer Marcell Doktori Iskola

Pécs, 2021



KÖSZÖNTENYILVÁNÍTÁS

Köszönöm feleségemnek a kitartást és türelmet, amely nélkülözhetetlen bázist jelentett a kutatásaim során. Köszönöm családomnak a támogatást és a folyamatos fejlődésre való ösztönzést. Köszönöm kollégáim szakmai támogatását és segítségét, mely nélkül a disszertációm nem jöhetett volna létre. Köszönöttem tartozom témavezetőimnek és oktatóimnak, akik mindig a megfelelő iránymutatással támogatták munkámat.

TARTALOMJEGYZÉK

Köszöntenyilvánítás	3
Tézisek	8
1. Bevezetés	9
1.1. A kutatómunka célja és a vizsgált főbb kérdések	9
1.2. Rövid történeti áttekintés és állapotelemzés	10
1.2.1. Élettartam elemzés	12
1.2.3. Panelépületek felújításának szükségessége	14
1.3. BIM helyzete Magyarországon és alkalmazása a kutatás során.....	15
2. Lokáció analízis	18
2.1. Kutatásmódszertan	18
2.1.1. Kvantitatív kérdőív.....	19
2.1.2. BIM modell és algoritmusok alkalmazása	19
2.1.3. AHP alkalmazása a kutatás során.....	21
2.1.4. Lokációs érték számítási és validálási módszere	21
2.2. Eredmények és kitekintés.....	22
2.2.1. Kérdőív kiértékelés	22
2.2.2. AHP analízis és súlyozás	22
2.2.3. Lokációs érték kiszámítása és árkalkuláció	24
2.2.4. Épület állapotjellemzőinek vizsgálata.....	26
2.3. Következtetés	27
3. Panelépületek felmérési lehetőségeinek optimalizációja	29
3.1. Kutatásmódszertan	29
3.2. Kutatáshoz kapcsolódó további információk	30
3.3. Felmérési technológiák bemutatása	31
3.3.1. Hagyományos felmérés.....	32
3.3.2. Helyszíni modellezés (Modelling on Site - MoS).....	32
3.3.3. Földi lézerszkennelés (TLS)	32
3.3.4. Sztereo-Fotogrammetria.....	33
3.4. Felmérési folyamat.....	33
3.5. Adatgyűjtés és utófeldolgozás.....	34
3.6. Optimalizáció	35

3.6.1.	Számítási metódus.....	36
3.6.2.	Optimalizációs folyamat	37
3.7.	Eredmények	38
3.7.1.	Felmérés eredményei az épületrészek vonatkozásában.....	39
3.7.2.	Felmérési hatékonysági index (SE_i) kiszámítása a különböző épületrészek esetén	41
3.8.	Kitekintés és további gondolatok	44
3.9.	Következtetés	47
4.	Sztereo-fotogrammetria építészeti alkalmazása.....	49
4.1.	Bevezetés	49
4.2.	Módszertanok és folyamatok áttekintése	49
4.2.1.	Fotó készítési szabályok.....	50
4.2.2.	A felmérést megelőző és követő folyamatok	51
4.3.	Esettanulmányok	52
4.3.1.	Épületek (családi ház, sorház, Panelépület) homlokzati felmérése.....	53
4.3.2.	Elhagyott piac épület felmérése	55
4.3.3.	Területfelmérés	56
4.4.	Következtetés	58
5.	Panellakások felújítás elemzése a költségek tekintetében	60
5.1.	Kutatásmódszertan	60
5.1.2.	Felújítási trend meghatározása	61
5.1.3.	felújítási költségek elemzése.....	61
5.1.4.	felújítási döntéshozatali támogatás.....	62
5.2.	Eredmények és kitekintés.....	64
5.3.	Következtetés	69
6.	Összegzés.....	71
7.	Az eredmények hasznosítása, jövőben célok.....	73
8.	Csatolmányok	74
9.	Irodalomjegyzék	88
10.	Publikációs lista	95
10.1.	Folyóirat publikációk, Konferenciaközlemények (absztrakt) és előadások:.....	95
10.2.	További Szakmai konferencia előadások és továbbképzések:	98

10.3.	Konferencia szervezésében való közreműködés:	99
11.	Ábra és táblázat jegyzék.....	100

Kutatás kiinduló megállapításai

Az elvégzett irodalomkutatás alapján megállapítottam, hogy a magyarországi panelépületek még több évtizedig képesek funkcionálni, viszont a kor igényeinek megfelelő felújításra szorulnak. Szakirodalmak támasztják alá, hogy az épületek tartószerkezeti rendszerei nem károsodtak a vártnál nagyobb mértékig, ezáltal megállapítottam, hogy a felújításoknak van relevanciája. A felújítások szükségszerűségét alátámasztják az épületek gyenge energetikai besorolása, a lakóterek elavult kialakítása és a lakók elégedetlensége. A szakirodalmakban leírt problémák alapján megállapítottam, hogy a panelépületek felújítása szükségszerű és a lakóterek mai igényekhez való igazítása, áttervezése, korszerűsítése igényként jelenik meg az ingatlan tulajdonosok, beruházók és bérlők körében.

TÉZISEK

I. TÉZIS

Megállapítottam, hogy az infrastrukturális adottságok meghatározható mértékben befolyásolják a panellakások értékét és az elhelyezkedés BIM modell alapú vizsgálatával előállított lokációs térkép összhangban van az ingatlanok piaci értékével.

II. TÉZIS

Megállapítottam, hogy a vizsgált felmérési technológiák hatékonyságelemzésével meghatározhatók a panelépületek különböző részeinek felméréséhez optimálisan alkalmazandó eljárások. Az általam kifejlesztett helyszíni modellezési technológia hatékonyan alkalmazható panelépületek geometriai felmérése esetén.

III. TÉZIS

A sztereo-fotogrammetria hatékonyan alkalmazható különböző építészeti szituációkban és az igényeknek megfelelő pontosságú felmérési állomány állítható elő. Pilóta nélküli légitűrévek alkalmazása hatékony megoldást nyújt külső homlokzatok, tágas belső terek, és tervezési területek felmérése esetén.

IV. TÉZIS

Megállapítottam, hogy Pécs kertváros területén található panellakások optimális felújítási keretösszege meghatározható azok kiindulási állapotára vonatkozóan, a felújítási trendek figyelembevételével. A döntéshozatal támogatása céljából definiáltam a felújítás sikeressége szempontjából releváns tényezőket.

1. BEVEZETÉS

Magyarországon 1961-ben vette kezdetét a panelos laképületek tömeges gyártása. A nagyvárosok átalakulásának, az emberi szokások megváltozásának és a lakótömbök létesítésének a házgyári épületek által indukált hatásai mai napig megfigyelhetők. A 2000-es években megkezdődő lakásfelújítási trend a lakók megnövekedett komfortigényét és az épületek energetikai szükségleteit próbálták kielégíteni. Nagy mennyiségű lakásról révén szó foglalkozni kellett a problémával. Mintaprojektek és sokszor a valóságtól elrugaszkodó kormányzati hírek láttak napvilágot, melyek révén a szakemberek elkezdték feltérképezni az épületekben rejlő lehetőségeket. Saját indíttatásom a Pécsset, panellakásokban eltöltött egyetemi éveimből eredeztethető, mely során a költséghatékonyság és nem a komfort volt az elsődleges választási szempont. Több különböző állapotú, elhelyezkedésű és komfort fokozatú lakásban volt szerencsém lakni, így testközelben tapasztaltam meg a lehetőségek széles spektrumát. A XXI. század lakóinak nem csupán egy zárt élettérre van szükségük, hanem nagyobb egybefüggő, korszerű térkapcsolatokat és berendezéseket szeretnének. A megvizsgált szakirodalmakból egyértelműen kiderül, hogy az épületek tartószerkezeti rendszere nagy többségében jó állapotúnak tekinthető, ezért funkcionalitása akár még 50-100 évig is megőrizhető. Ehhez viszont állagmegóvásra és korszerűsítésre van szükség. A pályázati lehetőségek [1], [2] nagy számú panellakás felújítására kínálnak lehetőséget, de sajnálatos módon komplex országos szintű felújítási irányelvekre és koncepciók kidolgozására a mai napig sincs példa. A kutatásom során arra kerestem a megoldásokat, hogy miként lehet optimalizálni a felmérési, felújítási és elemzési folyamatokat panel épületek esetén, modern digitális eszközök és technológiák támogatásával, ezzel segítve a meglévő lakásállomány revitalizációját. Véleményem szerint, nincs jobb módja a környezetünk védelmének a már meglévő létesítmények, épületek hasznosításánál, ezáltal kiemelten fontosnak tartom a panelépületek és panellakások mai kor igényeinek megfelelő átalakítási lehetőségeinek elemzését.

1.1. A KUTATÓMUNKA CÉLJA ÉS A VIZSGÁLT FŐBB KÉRDÉSEK

A kutatásommal a magyarországi lakásállomány házgyári technológiával épített részét vizsgáltam, mely során minta állományként a Pécs kertvárosi panelépületeket vettem alapul. Néhány analízis és megállapítás kizárólag a vizsgált területre szolgáltat információt, viszont a bemutatott elemzési módszertanok alkalmazásának segítségével más területeken is adaptálhatók a kutatási eredményeim.

A kutatásom négy fő témakörre bontható:

- Lokáció analízis,
- Panelépületek felmérési lehetőségeinek optimalizációja
- Sztereo-fotogrammetria építészeti alkalmazása
- Panellakások felújítás elemzése

A négy témakör szorosan összefügg és egymásra épülve kínálnak megoldást a panelépületek problematikájára. A környezet analízis során vizsgáltam az infrastrukturális és környezeti adottságokat Pécs kertváros területén. A fókusz folyamatosan szűkítve közeledtem az épület szintű vizsgálatok irányába, mely során panelépületek geometriai felmérésére és az alkalmazott munkafolyamatok hatékonyságnövelésére helyeztem a hangsúlyt. A sztereo-fotogrammetria lehetőségeit behatóbban vizsgálva elemeztem annak építészeti vonatkozásait. Ezután következett a lakás szintű elemzések lefolytatása, ahol az ingatlanokra vonatkozó felújítási döntéstámogatás és a költségek megoszláselemzése került középpontba.

Célom, hogy támogassam a hazai panelépületek revitalizációját, és hogy ne csak kocka épületekként tekintünk rájuk, hanem vegyük észre a bennük rejlő potenciált és azok kiaknázása során modern eszközök tárházát tudjuk alkalmazni.

Főbb kérdések:

- Vajon megéri felújítani a panelépületeinket?
- Milyen hatással van a panelépületek értékére a lokáció az infrastrukturális adottságok tekintetében?
- Milyen hagyományos és modern eljárások alkalmazhatók a felújítások tervezése során?
- Miként optimalizálhatók a panelfelújítások lakás, épület, regionális, vagy országos szinten?
- Alkalmask a panelépületek felmérésére hatékonyságuk tekintetében az új, modern eszközök és vajon előnyösebb megoldást nyújthat alkalmazásuk?
- Milyen módon támogathatók a lakástulajdonosok, beruházók, bérlők felújítási döntéshozataluk során?

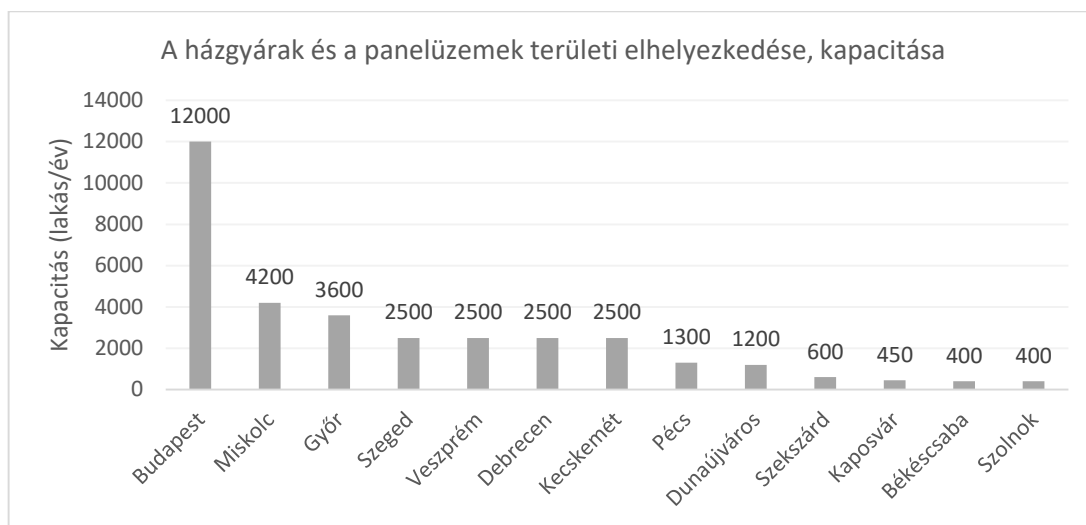
1.2. RÖVID TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS ÉS ÁLLAPOTELEMZÉS

Az 1960-as években jelentős számú tanulmány, értekezés vizsgálta a magyarországi lakáshelyzetet. Dési Albert [3] elemzései alapján a főbb megállapítások a következőképpen foglalhatók össze:

- az ipari telepítési politikát a szociális ellátás egyik tényezője, a lakásépítés nem megfelelő ütemben követte,
- csökkent az együtt élő családok száma,
- a magyarországi lakásállomány 60%-a egyszobás kislakás,
- a meglévő lakásállomány szerkezete elavult,
- a lakásállománynak csak 28%-a van állami tulajdonban,
- a közművesítés elmaradott, fékezője a további lakásépítésnek,
- az Európai Gazdasági Bizottság 1959. évi adatgyűjtése is a helyzet romlását mutatta ki,
- a családok 15%-a nem rendelkezett önálló lakással, ezzel rontva a meglévő állomány lakóinak lakáskörülményeit is. [3]

A lakásépítési döntések előkészítése során vizsgáltak magyarországi és nemzetközi példákat egyaránt. Többek között a Szovjetunióban már akkor működő 300 házgyárat, Franciaországban a Camus, a Tracoba, a Fioria és a Costamagna céget, Dániában a Larsen-Nielsen céget, az NDK és a cseh technológiákat és eredményeket. Végül a magyarországi házgyárak gépipari berendezéseit a Szovjetunióból és 1db házgyárat pedig a dán Larsen-Nielsentől szereztek be [3].

A panelépületek építését az említett gazdasági, társadalmi viszonyok gerjesztették. Ezen tényezők tanulmányozása és vizsgálata eredményezte, hogy Magyarországon megkezdődhetett a lakások, épületek nagyipari gyártása. Hazánkban körülbelül 510.000 panellakás épült 1961 és 1992 között [3] ami 2019 év végén a lakások 14,5%-át jelentette [4]. A különböző házgyárak és panelüzemek területi elhelyezkedését és azok kapacitását mutatja be az 1. ábra.

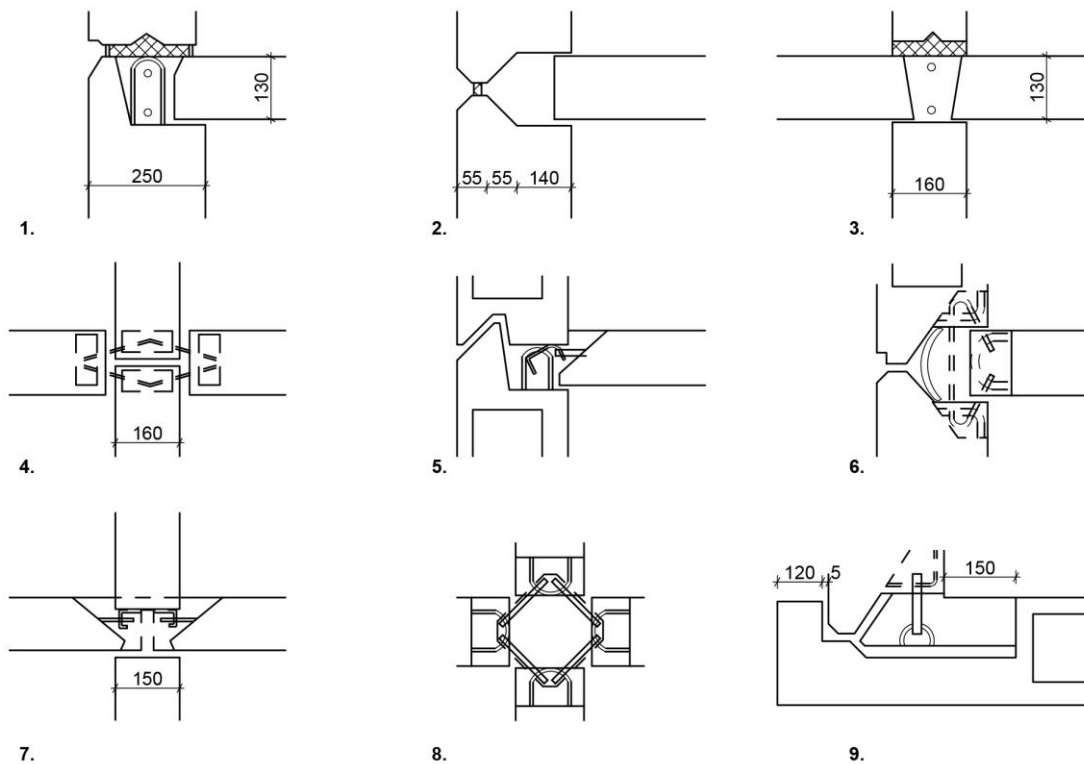


1. ábra A házgyárak és a panelüzemek területi elhelyezkedése, kapacitása (lakás/év)[3]

A pécsi panelüzem 1963 óta a pécsi erőmű meddőhányó salakjából, utánégetéssel előállított adalékából gyártotta a falelemeket. A homlokzati falelemek hőszigetelését a középső keramzitbeton mag fokozta. A tízsintes épületeket szerkezeti okok miatt 1967-től kavicsbeton elemekből készítették, de a hőszigetelés még több évig könnyűbeton maradt. A 250mm vastag homlokzat 50mm vastag külső és belső kérge vasbeton volt. Ilyen épületek elsősorban Pécsen és a környező városokban (pl.: Mohácson, Szekszárdon, Bonyhádon) épültek. Az üzem 1990-ben megszűnt [5]. Az irodalomkutatás során felfedezhető egy másik anyag használata is a pécsi panelek esetében, ez pedig duzzasztott agyagkavics, amely elsősorban a homlokzati elemek gyártásánál került felhasználásra [3]. Az üzem technológiai berendezései hazai gyártásúak voltak ellenben több más település gépeivel. A lakás kibocsátási teljesítménye 1300 lakás/év volt, amely alapján (ahogy az 1. ábra is mutatja) csupán a 8. helyet foglalta el hazánkban [3].

A házgyári épületek csomóponti kialakításai gyáranként eltérőek is lehettek. Minden panelgyár kísérletezett új technológiákkal, másfajta műszaki megoldások kidolgozásával, és a

környékbeli anyagok felhasználásával. A 2. ábra bemutatja a Pécsi panelüzemben készített épületszerkezeti elemek főbb csomóponti kialakításai.



2. ábra A pécsi házgyári panelek illesztései 1-4-ig, eredeti 1962-1968 évi megoldások, 5-9-ig, fejlesztett megoldások 1968-tól [5] (1. Külső fal - födém függőleges csomópont; 2. Külső fal - harántfal vízszintes csomópont; 3. Belső fal - födém csomópont; 4. Belső falak vízszintes csomópont; 5. Külső fal - födém függőleges csomópont; 6. Külső fal - harántfal vízszintes csomópont; 7. Belső fal - födém csomópont; 8. Belső falak vízszintes csomópont U kapcsolóbetétes rögzítés; 9. Falsarok vízszintes csomópont)

A csomóponti kialakítások bemutatják, hogy az előregyártott szerkezetek acél kapcsolatokkal és helyszíni kibetonozással készültek. Ezen megoldások az élettartam vizsgálatok során fontos szerepet töltenek be, hiszen a helyszíni kibetonozások rizikófaktort jelentenek az épületek szerkezeti megfelelőségében.

Mivel hazánkban nem voltak konkrét szabályozások a panel-rendszerek kötött formájára és szerkezeti kialakítására, ezért az ország más-más részein különböző kialakításokkal találkozhatunk[3]. Ez kutatásom szempontjából releváns, mivel törekedtem olyan általánosságban használható megoldások és módszertanok kidolgozására, melyek a különböző kialakítások esetén is megfelelő megoldás nyújthatnak.

1.2.1. ÉLETTARTAM ELEMZÉS

Az épület élettartama a gyakorlatban elsősorban közgazdasági fogalomként értelmezhető, amely az épület amortizációs normáihoz kapcsolódik. Tekintettel arra, hogy az épület élettartama műszaki oldalról nem egyértelműen meghatározott, az amortizációs normákkal kapcsolatos élettartam értékeket gyakran hibásan műszaki kategóriaként kezelték. Így terjedt

el a köztudatban az a téves felfogás is, hogy a házgyári technológiával készült épületek élettartama 50 év. Ezen időszak nem valóságos szerkezeti élettartamot fejez ki, hanem egyértelműen annak gazdasági vonatkozását, amely az állami költségvetéssel kapcsolatos és semmi műszaki alapja nincs. [5]

Az épületek élettartam definíciói gazdasági és társadalmi szempontból a következőképpen hangzanak:

- Az építmények optimális élettartama egy olyan időszak (években kifejezve), amelynek tartama alatt az építmény létesítésével, üzemeltetésével, kapcsolatos ráfordítások összegének kezdő időpontra átszámított értékéből képzett éves fajlagos érték a legkisebb. [6]
- Lakóépületek funkcionális élettartama a lakóépület üzemeltetésének teljes időtartama. A megvalósítástól az olyan műszaki állapotig tartó időszak, amelynél az épület főbb szerkezeti már nem képesek a funkciójuk betöltésére, ezért az épület még részlegesen sem használható. [7]
- Lakóépületek elméleti (névleges) élettartama a lakóépület azon élettartam-értéke, amelyet az amortizációs normák meghatározására rögzítenek. [7]

1.2.2. SZERKEZETEK ÉS CSOMÓPONTI KIALAKÍTÁSOK ÉLETTARTAMA

Az 1. táblázat összefoglalja a különböző teherhordó szerkezetek, nyílászárók, hőszigetelések, vízszigetelések, hézagtomítések tervezéskor becsült élettartamát években kifejezve. A főbb tartószerkezeti élettartam-becslést első sorban a vízszintes teherhordó szerkezeti értékek definiálják, a függőleges erőátadásra szánt elemeké akár 150 – 200 év is lehet.

1. táblázat A hazai panelos épületszerkezetek élettartam-értékeinek becslése [3]

Megnevezés	Élettartam (év)
Teherhordó szerkezetek	
Belső teherhordó falpanelek	80-150
Külső teherhordó falpanelek	60-120
Függőleges csomópontok	50-80
Vízszintes csomópontok	70-100
Lépcsők	80-150
Erkélyek	60-80
Födémpanelek	120-160
Nyílászárók	
Ablakok	15-20
Belső ajtók	20-80
Külső ajtók	15-50
Hőszigetelés	
Homlokzat	10-50
Lapostető	10-40
Csomópontok	8-30
Vízszigetelés	
Lapostető	8-25
Pince	20-50

A panelépületek tönkremenetelének okai két fő tényezőre bonthatók a szakirodalom szerint:

- a fizikai kopásra és
- az erkölcsi elavulásra. [5]

A panelos épület elhasználódásában mindkét tényezőnek jelentős szerepe van. A fizikai kopás értelmezése viszonylag egyszerű: az anyagon végbemenő olyan változások összessége, amelynek jelei egyértelműen és közvetlenül diagnosztizálhatók az épületen, vagy az épület valamely részén, szerkezetén. Az erkölcsi avulás az értékvesztés olyan típusa, amelynek okai nem magában az épületben találhatók, hanem a külső környezetben bekövetkező változások idézik elő. Az ilyen jellegű értékvesztés éppen a panelos épületek esetében kiemelt jelentőségű, sőt néha meghatározóbb, mint a fizikai kopás. Valójában mindkettő műszaki és gazdasági (érték-) tényező egyidejűleg. [5]

Házgyári építési technológiával készült épületek esetében az élettartam nem a fő tartószerkezet tönkremenetelétől függ leginkább, hanem az elemek kapcsolódási pontjainál kialakított csomóponti megoldások kivitelezési minőségétől. A nagyelemes szerkezeten a változó erőhatások (szélnyomás,-szívás, hőmérsékletváltozásokból eredő belső feszültségek, épületsüllyedés stb.) az egyébként is kisebb teherbírású panel-összeépítésekre koncentrálódnak, a kitöltőbeton morzsolódik. A betonban keletkező repedések miatt aztán a kapcsolódó acélbetétek korróziós folyamat is felgyorsulhat, és a keletkező korróziós termék visszahat a betonra, öngerjesztő folyamatával károsítja azt. [8]

Ezen csomóponti meghibásodási előrejelzések csupán feltételezések. A csomópontok állapotának megismerése és elemzése céljából a Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat a nyolcvanas években a panelos épületek illesztéseinek sorozatos feltárását végezte el, amely vizsgálat az illesztések állapotáról kedvező képet mutatott. A tanulmány szerint az illesztések acélkapcsolatai az acélkeresztmetszetek csökkenéseként 1-10 év közötti élettartamú épületekben mintegy 5 %-ot, a 10 éves épületeknél mintegy 10%-ot mértek. Összességében az acél kapcsolóelemek korróziós állapota nem jelzett előre az elvárhatónál nagyobb mértékű tönkremenetelt bár az esetenként jelentős eltérések miatt a szerkezetek folyamatos megfigyelést igényelnek. [5]

1.2.3. PANELÉPÜLETEK FELÚJÍTÁSÁNAK SZÜKSÉGSZERŰSÉGE

A panelépületek részleges vagy teljes felújítása, egyre aktuálisabb feladattá válik. A panellakásokban élő emberek keresik az értéknövelést és energia megtakarítást jelentő beavatkozások lehetőségeit. Hazánkban eddig a tömeges energetikai felújítások voltak jellemzők, viszont nem csupán azok révén érhető el értéknövekedés. A felújítás kezdeményezhető egyénileg, lakásszövetkezeti szinten vagy állami szinten egyaránt. A magyar kormány több támogatás célzatú kormányrendeletet is hozott, amelyek az energiatudatos építés csökkentését célozzák. Köztudott, hogy a házgyári épületek energia felhasználása nem optimális, ez 1960-ban az olcsó nyersanyagoknak köszönhetően nem jelentett problémát, így nem volt cél az energiatudatos építés. Napjainkban viszont a klímaváltozás és a magas rezszi

költségekből adódóan szükséges az épületek korszerűsítése. A lakáscélú állami támogatásról szóló 12/2001. (I.31) sz. Kormányrendelet VIII. 2. 28. § a lakóépületek energiatakarékos korszerűsítése, felújítására vonatkozó fejezetében részletezi a panel- és panelszerű építmények energiatakarékos építési munkáinak támogatását. Ez szinkronban van a Széchenyi terv lakosságra/lakóépületekre vonatkozó energiatakarékos korszerűsítési pályázatával (SZT-2002-LA-2). A korszerűsítési költségeket harmadolja a lakástulajdonos, az önkormányzat és az állam között úgy, hogy az állami támogatás mértéke maximum 400.000 Ft lehet. Szakértői becslések szerint csak a fűtés és a hőszigetelés rehabilitációjából kb. 1 millió Ft jut egy lakásra, a komplex rehabilitáció költségét mintegy 2.000.000 Ft/lakás értékre becsülik. A Kormányrendelet szerint ebből a költségből 1.600.000 Ft jutna a települési önkormányzatokra és a lakástulajdonosokra. [9]

A hazai szakirodalmak egyaránt foglalkoznak a tárgyalt épületállományok felújítási lehetőségeivel, amelyek véleményem szerint, jó alapot biztosíthatnak a tervezési és kutatási feladatok megkezdéséhez. Természetesen a korábbi követelmények eltérőek voltak, ezért a megfogalmazott irányelvek fenntartásokkal kezelendők. Elégedettségméréseket végeztek a lakók körében, melyek a lakásukról és környezetükről kialakult véleményeket vizsgálják. A felmérésből kiderült, hogy a lakások kis mérete (a válaszadók 38%-a szerint) és a környezet nem megfelelő kialakítása (a válaszadók 22%-a szerint) a legrelevánsabb probléma [10].

Több pilot projekt is elindult az épületek felújítására, ezek közül megemlíteném a Solanova projekt [9], amely az energiatudatos felújítás témakörében releváns hazai példa. Támogatása egyedülálló módon nem kizárólag lakóközösségi vagy állami forrásból származott, hanem Európai Unió pályázat keretében valósult meg [11]. Céljuk, hogy egy demonstrációs épületen bebizonyítsák, miként lehet olyan szuperhatékony energetikai felújítást végezni panelépületeken, mely mellett, hogy jelentősen megnöveli a lakások fizikai, erkölcsi értékét, a benne lakók komfortérzetét és elégedettségét, töredékére csökkenti a fenntartási költségeket is. Ezen felül igyekeznek bebizonyítani az ilyen szintű felújítás versenyképességét és műszaki megvalósíthatóságát.

Kutatásom során olyan elemzési és optimalizációs folyamatokat dolgoztam ki, melyek csökkenthetik a felújítás költségeit és támogatják a tulajdonosok, beruházók, bérlők vagy állami szereplők döntéshozatalának megalapozottságát. Mivel jelenleg a lakások nagy százaléka (2016-ban 92% [12])használatban van [13], ezért a komplett épület szintű felújítások nehezen kivitelezhetők. Az általam kifejlesztett módszertanok a lakókkal történő interakciók és a lakásokban töltött idő minimalizálásának figyelembevételével kerültek kidolgozásra.

1.3. BIM HELYZETE MAGYARORSZÁGON ÉS ALKALMAZÁSA A KUTATÁS SORÁN

Az építményinformációs modellezés (Building Information Modeling – továbbiakban: BIM) (a szakmában elterjedt „épületinformációs modellezés” kifejezés az ISO 19650 szabványsorozat fordítása során „építményinformációs modellezés” kifejezésre módosult) fogalmát már 1975-ben definiálta Charles M. Eastman [14], aki olyan felhasználási és

alkalmazási módokat fogalmazott meg, melyek az építőipar magas fokú digitalizációját vetítették elő. Olyan technológiákat értünk a fogalom alatt, amelyek 3D modellek segítségével képesek különböző információk tárolására és azok alapján elemzések, legyűjtések és számítások elvégzésére. Az építőipari igények és a digitalizáció rohamos fejlődése indukálta a BIM szabályozások megalkotását. Jelentős mérföldkőnek tekinthető az ISO 19650 szabványsorozat kidolgozása és megjelenése, melynek magyarításában én is közreműködtem. A szabvány rendszerbe foglalja a BIM módszertanokhoz kötődő információszállítás főbb tevékenységeit, ezáltal egy szabályozott környezetet alkotva a menedzsment folyamatok vonatkozásában.

A nemzetközi trendek egyértelműen jelzik az építőipari átalakulás és az építményinformációs modellezés szükségességét. A hazai építőipari szereplők az utóbbi években kezdték felismerni a technológia nyújtotta lehetőségeket. Elsősorban a nagyobb kivitelező és tervező vállalatok kezdték átalakítani folyamataikat, ezáltal versenyelőnyt szerezve a konkurens vállalatokkal szemben. A technológia alkalmazásának legfőbb céljai közé tartozik a tervezés során folyó magasabb szintű koordináció és az így elért minőségi növekedés, a hatékonyságnövelés és a folyamatok rendszerezettségének javulása. Ezek igen magasszintű célok és a megfogalmazott elvárások teljesíthetősége érdekében szabályozott munkafolyamatokra, megfelelő képzésekre és képesített szakemberekre van szükség. A hazai felsőoktatásban elsőként a Pécsi Tudományegyetemen indult MSc specializáció, melynek fókuszában a BIM módszertanok elsajátítása volt, míg 2021 februárjában pedig a PTE és BME együttműködésében indított BIM szakmérnök szakirányú továbbképzés egy jelentős mérföldkőnek tekinthető a BIM hazai terjedése szempontjából.

Az építményinformációs modellezés felhasználási lehetőségeinek csupán a képzelőerő szabhat határt, magas szintű kreativitással és hozzáértéssel megfelelő támogatást nyújthat akár kutatási tevékenységek esetén egyaránt. Saját kutatói tevékenységem során több alkalommal használtam ki a 3D BIM modellek nyújtotta lehetőségeket, melyek geometriáját és információtartalmát felhasználva képes voltam a feltevéseim vizsgálatára és alátámasztására. Mondhatni, mint egy háromdimenziós adatbázis alkalmaztam a kutatásaim során, ami nagy mennyiségű információ elemzését és hatékony számítási folyamatok kialakítását tette lehetővé. A BIM módszertanok beépülve az építészeti vizsgálatokba, helyszínanalízisekbe és egyéb folyamatokba biztosították az elemzések megfelelő színvonalú, minőségű és pontosságú elvégzését. A 3D vizualizáció hozzájárult az adatok rendszerszintű értelmezéséhez, és azok térbeli elhelyezéséhez (modell elemekhez való kapcsolásához), ezáltal a térben vizsgálva az adott problémát mindig a releváns adatokhoz fértem hozzá. A sok esetben szükségeszerű több ezer számítás képes voltam néhány perc alatt elvégezni a technológia nyújtotta lehetőségek felhasználásával. Az eredményeim bemutatása és prezentálása során is könnyen értelmezhető ábrákat tudtam készíteni, így akár laikusok számára is közérthető formában jeleníthettem meg azokat.

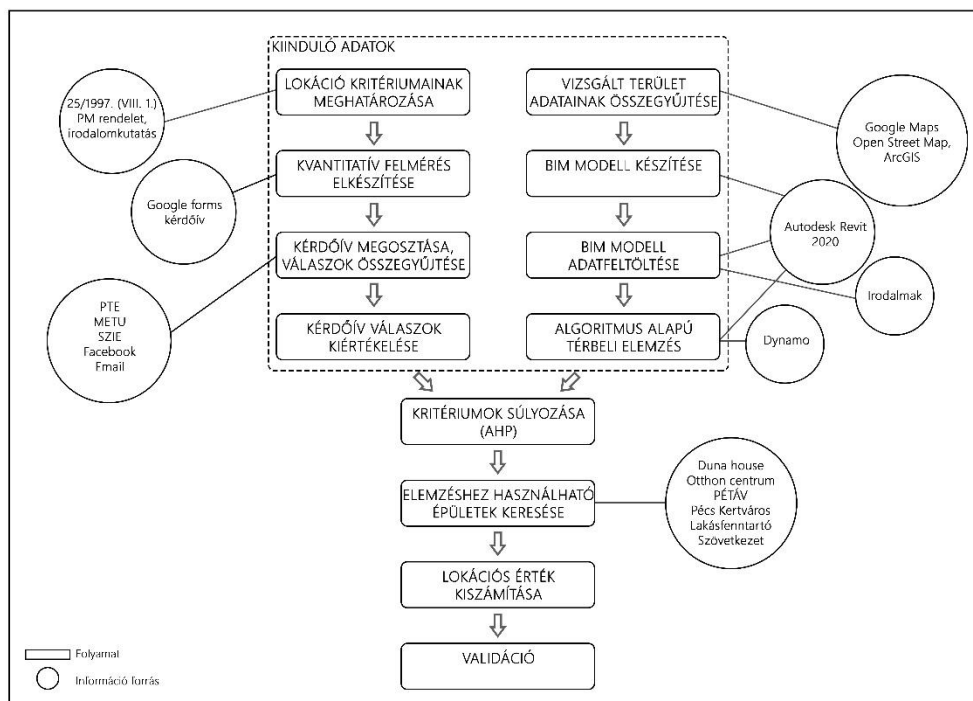
Mindent összevetve a BIM módszertanok alkalmazása első sorban támogató eszközként jelenik meg a kutatásom részeként és néhány feltételezés alapját képezi. Céлом volt, hogy bemutassam a technológia nyújtotta lehetőségek széles tárházát, ezáltal támogatva az építőipari digitalizáció

folyamatait és a panelépületek modern eszközökkel való vizsgálati lehetőségét. Az ismert problémák digitális eszközökkel való feltérképezése, elemzése és megoldáskeresése új lehetőségeket tár fel az építészeti folyamatok kialakítása során, ezzel hatékonyabb eredményeket érve el a panelépületek felújításának témakörében.

2. LOKÁCIÓ ANALÍZIS

2.1. KUTATÁSMÓDSZERTAN

A környezet analízis elvégzésével célom volt a lakások értékében megjelenő környezetből eredeztethető értékhiányad megállapítása. Az irodalomkutatás során az alábbi példákat találtam a kapcsolódó szűk környezet elemzésére [15], és a területek felértékelődésére vonatkozóan [16], viszont ezek a lakókörnyezet más aspektusait vizsgálták. Ahogy a 3. ábra mutatja a kutatás két része párhuzamosan folyt. A magyar szabályozások [17] és a nemzetközi szakirodalom áttekintése volt a kutatás első lépése. Ezután egy kvantitatív kérdőívet dolgoztam ki, mellyel a különböző környezeti adottságok súlyozását kívántam definiálni. Ezzel egyidőben egy BIM modellt készítettem Autodesk Revit 2020 szoftverben, melyben összegyűjtöttem és 3D modellelemek formájában felépítettem Pécs kertváros panelépületeit tartalmazó BIM modellt. Ezután az elemeket feltöltöttem a releváns paraméter adatokkal, amik az elemzés alapját szolgáltatták. A térbeli vizsgálatokat az általam kifejezetten erre a célra fejlesztett algoritmusok segítségével valósítottam meg, ezáltal az elemzési idő csökkent a különböző esetek vizsgálata során és pontosabb végeredmények kerültek kiszámításra az automatizált, meghatározott szabályrendszeren alapuló elemzések végett. A kérdőív adatok kiértékelése, a BIM modell elkészítése és az algoritmusok kidolgozását követően a kiindulási adatokat az úgynevezett analitikus hierarchia folyamatok (Analytical Hierarchy Process – továbbiakban: AHP) [18]–[20] segítségével elemeztem.



3. ábra Lokáció analízis elemzési módszereit bemutató folyamatábra

A vizsgálatok alkalmasak a teljes kertvárosi panelépület állomány lokációs értékének kiszámítására, viszont célom volt a kalkulált értékek forintosítása, majd a számított értékek validálása. Ehhez 8 db panelépületet használtam fel, amelyek azonos kondícióval rendelkeztek, viszont elhelyezkedésüket tekintve a vizsgált terület különböző részein helyezkedtek el. A validálás során nagy segítséget jelentett számomra az ingatlanirodák [21], [22] részéről, Pécsi Távfűtő Kft. (PÉTÁV) [23] és a Kertváros Lakásfenntartó Szövetkezet [24] által nyújtott adatszolgáltatás. A következő fejezetekben kifejttem a kutatás pontos részleteit és bemutatom a vizsgálati eredményeket és az azokból leszűrhető megállapításokat.

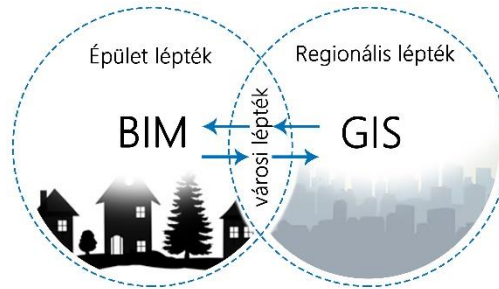
2.1.1. KVANTITATÍV KÉRDŐÍV

Számos kutatás és publikáció foglalkozik a lokáció analízis témakörével, viszont közülük egyik sem rendelkezik az építészeti és költség aspektusok vizsgálatára vonatkozó megállapításokkal és adatokkal. Google kérdőívet állítottam össze, melyben a megvásárolni kívánt lakások tekintetében kellett környezeti és infrastruktúra szempontokat egytől-tízíg terjedő skálán értékelnie a válaszadónak. Ez alapján kiderült, hogy mely tényezők fontosabb és melyiknek nem igazán relevánsak a kiválasztás során. Ezen felül lehetőséget biztosított a kérdőív egyéb fontosnak vélt tényezők felsorolására. Elsősorban a lokációhoz szorosan kapcsolódó tényezők vizsgálatának céljából készítettem, azonban a kérdőív tartalmazott az épületek kondíciójára vonatkozó kérdéseket (35. ábra, 36. ábra, 37. ábra, 38. ábra) is. A kérdőív lokációval összefüggő kérdései a következő vizsgálati kritériumokra terjedtek ki: élelmiszer boltok, óvodák, iskolák, egyetemek, buszmegállók, parkolási lehetőségek, zöldterületek, játszóterek, bevásárlóközpontok és az éttermek. A kérdőív a távolságokra fókuszáltan kérdezte, hogy mennyire fontos a felsorolt elemek távolsága a megvásárolni kívánt ingatlanoktól (27. ábra, 28. ábra, 29. ábra, 30. ábra, 31. ábra, 32. ábra, 33. ábra, 34. ábra).

2.1.2. BIM MODELL ÉS ALGORITMUSOK ALKALMAZÁSA

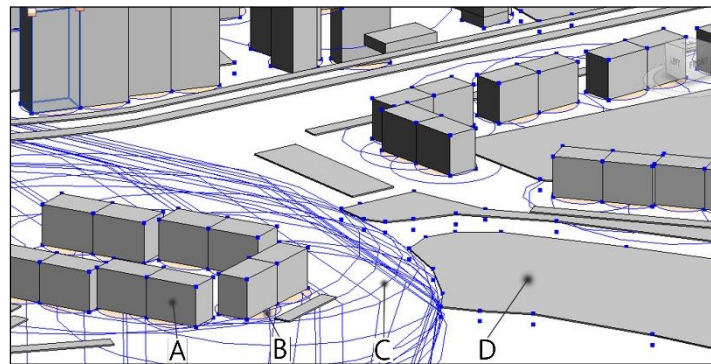
A BIM modell Pécs kertváros területét tartalmazta, melyben az összes kutatás szempontjából releváns információt 3D virtuális adatbázis formájában gyűjtöttem össze, ezzel támogatva az elemzési folyamatokat. Az infrastrukturális elemek (Pécs településrendezési [25] és Google térképek [26] alapján) és a panelépületek (Open Street Map [27] és irodalomkutatási [28] adatok alapján) kerültek felépítésre. A modell geometriai részletességét tekintve alacsony (LOD 200) részletességűnek [29]–[31] felelt meg, mivel az információtartalom túl a pozíció és a befoglaló forma volt lényeges. A Dynamo beépülő modul és a jól kialakítható információátviteli lehetőségek végett az Autodesk Revit 2020 szoftver oktatási verziójával készült a modell. A modell felépítését tekintve akár térképészeti modellnek is nevezhető, melyek általában célspecifikus (geographic information system (GIS)) [32] platformok használatával készülnek, viszont ez esetben a magas információtartalom, 3D geometriák és algoritmusok térbeli felhasználása miatt esett a választásom az alkalmazott szoftverre. Több tanulmány is foglalkozik a BIM és GIS eszközök átjárhatóságával, viszont a kutatás során az a döntés született, hogy egyszerűbben és komplexebben kezelhető állományok hozhatók létre, ha egy szoftverkörnyezetben (CAD) készülnek. A 4. ábra szemlélteti a BIM és GIS kapcsolatát, mely során véleményem szerint a közös metszet a városléptékű modellek esetén figyelhető

meg, hiszen a BIM és GIS szoftverek alkalmazásával egyaránt képesek vagyunk előállítani a megfelelő állományokat.



4. ábra BIM és GIS kapcsolatát bemutató ábra

A modellem azonosítás elem típus szinten valósult meg, a különböző elemek különböző típuselnevezéssel kerültek elkészítésre. A modell 939 db 4 és 10 emeletes panelépületet és 418 db infrastrukturális elemet tartalmazott. A modellelemek számából is érzékelhető, hogy az épületek és a környezeti elemek összevetése manuális módon időigényes feladat lett volna. A Revit Dynamo kiegészítőjét alkalmaztam az algoritmusok előállítására. A vizsgálat során távolsági értékeket generáltam algoritmus segítségével minden egyes panelépülethez. Az algoritmus az 5. ábra által szemléltetett módon vizsgálta az épületek pozícióját (A;B) a környezeti elemek pozícióját (D) és köztük lévő távolságokat (C). Az algoritmus ezen felül képes volt kiválasztani a legközelebbi töréspontokat és azok távolsági értékét az épületek (modell elemek) meghatározott paraméterhelyében tárolni.

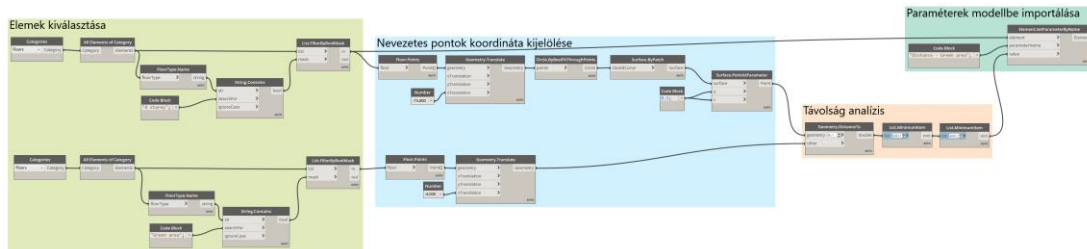


5. ábra Algoritmus működését bemutató ábra (A – panelépületek; B – épületek köré rajzolt körök; C – távolság mérésére alkalmazott körök; D – zöldfelület)

Az algoritmus első része az elemek szűrését és keresését végezte, mely során külön algoritmus vizsgálta a 4 és 10 emeletes épületeket. A 6. ábra bemutatja, hogy a 4 emeletes épületek és a zöldterületek keresése (elemzése) miként történik.

A 6. ábra kék részén található a vizsgálati pontok meghatározására szolgáló szabályok. Az épületek esetén azok alsó középpontját határoztam meg egy a modellem köré rajzolt befoglaló kör segítségével. A kör elem középpontja az épület súlypontjának felel meg, amely innentől saját koordinátákkal rendelkezik. Nagyobb kiterjedésű elemek esetén (pl.:

zöldterületek) határvonalaikon elhelyezkedő töréspontok kerültek meghatározásra a kapcsolódó koordináta értékekkel. A vizsgálat során ezen pontokhoz viszonyított távolságvértékeket határoztam meg.



6. ábra A távolság analízis céljából létrehozott algoritmus

Miután a nevezetes és összehasonlítandó pontok meghatározásra kerültek a távolsági értékek kiszámítását és kiértékelését végezte el az algoritmus. Ebben a szakaszban (narancssárga) minden egyes pont összevetésre került minden egyes ponttal, mely során az algoritmus kiválogatta az egyes elemekhez tartozó minimum értékeket. Például egy panelépület és buszmegálló távolság elemzés során a szoftver az épület középpontja és a modellben elhelyezett összes buszmegálló helyzetét összeveti, majd az összes távolsági értékből meghatározza, hogy légvonalban melyik buszmegálló található a legközelebb az ingatlanhoz. Ezután a minimum értékek visszaimportálásra kerülnek a modellelemekbe (6. ábra zöld rész), így tárolva azok távolsági értékeit a további felhasználásig.

2.1.3. AHP ALKALMAZÁSA A KUTATÁS SORÁN

Az AHP vizsgálati módszert Thomas L. Saaty fejlesztette ki, melynek lényege, hogy egy halmaz elemeit olyan módon vagyunk képesek összehasonlítani, hogy egyszerre csak két elem fontossága között kell dönteni. Az elemzés végeredménye megadja, a vizsgált kritériumok súlyozását [18]–[20]. Az összehasonlítási módszertan alkalmazásával lehetővé vált a kérdőív válaszok eredményeinek összehasonlítása, mely során az egyes kritériumok súlyozása kiszámíthatóvá vált.

2.1.4. LOKÁCIÓS ÉRTÉK SZÁMÍTÁSI ÉS VALIDÁLÁSI METÓDUSA

A lokációs érték kiszámítása során az előző fejezetekben bemutatott módszertanok által generált adatok kerültek felhasználásra úgy, mint távolsági értékek és a vizsgált kritériumok súlyozása. A panellakások elhelyezkedéséről, állapotáról és áráról együttesen történő adatgyűjtést nehezítette a jelenleg érvényben lévő adatvédelmi törvény (GDPR). A kutatást támogató ingatlanirodák segítségével sikerült 8 db azonos állapotú, de eltérő pozíciójú lakás pontos hirdetési árát, lokációját és állapot besorolását megkapnom. Az azonos állapot fontos tényező volt, mivel az árban való eltérés vizsgálata során csupán a lokáció befolyásoló hatását kívántam vizsgálni, így a kondíció eltérés torzította volna az elemzés eredményességét. A hirdetési árak a hirdetőik egyéni preferenciáit is tartalmazták, viszont az egymással való

összevetés során megfelelő alapot szolgáltatottak. A számítás során a lokációs értékek és a hirdetési árak kerültek összehasonlításra.

2.2. EREDMÉNYEK ÉS KITEKINTÉS

Az eredmények három fő csoportba sorolhatók: kérdőív kiértékelés, AHP analízis és súlyozás meghatározás, valamint valós lokációs érték meghatározás és validálás.

2.2.1. KÉRDŐÍV KIÉRTÉKELÉS

A kérdőív eredmények biztosították a vizsgált kritériumok súlyozási értékmeghatározásának lehetőségét. A kérdőívre összesen 1039 válasz érkezett és a válaszadók 66,3%-a pécsi lakos volt. A kiértékelés során 1033 válasz volt felhasználható. A válaszokat 1-10-ig terjedő skálán adták meg a válaszadók, ezáltal azok összesítése átlagszámítással megoldható volt. A 2. táblázatban láthatók a kérdőív összesített eredményei, melyekből kiolvasható, hogy a zöldterület távolsága fontos szempontként jelenik meg az ingatlanok kiválasztása során, míg az éttermek és játszóterek távolsága kevésbé releváns. A boltok, oktatási intézmények, és buszmegállók körülbelül azonos fontossági szempontként jelennek meg.

2. táblázat A kérdőív összesített átlag és szórás értékei

Kritériumok:	Bolt	Oktatási intézmény	Buszmegálló	Zöldterület	Játszótér	Bevásárlóközpont	Étterem	Parkoló
Átlag	6.559	6.350	6.724	8.360	5.085	4.684	4.054	8.150
Szórás	2.38	2.536	2.67	1.887	2.909	2.486	2.336	2.32

2.2.2. AHP ANALÍZIS ÉS SÚLYOZÁS

A 3. táblázat tartalmazza az AHP összehasonlítási mátrixot, amely a különböző vizsgált paraméterek egymáshoz viszonyított értékeit mutatja (az AHP analízis szabályainak megfelelően), a kérdőív eredmények (2. táblázat) alapján. A hasonlóság egyértelműen megfigyelhető, hiszen például a boltok távolsága jóval kisebb jelentőséggel bír, mint a zöldterületeké, ezért a bolt sorában 0,2 –es érték szerepel, míg a zöldterület sor, bolt oszlop cellájában 5-ös érték (erős fontosság) szerepel. Az analízis mátrixba a fontosságok alapján kerülnek beírásra a tényleges vagy reciprokok értékek. Az elemzés során az alkalmazott értékek a következő megfeleltetéssel kerültek meghatározásra: 1 – egyenlő fontosság (equal importance); 3 – mérsékelt fontosság (moderate importance); 5 – erős fontosság (strong importance); 7 – nagyon erős fontosság (very strong importance) ; 9 – extrém fontosság (extreme importance). A 2;4;6 értékek középértéket jelölnek a vizsgált fontosságok között [18]–[20]. Ezeket az értékeket a kérdőív válaszokból számított átlagértékek egymáshoz

viszonyított értékéből számítottam ki, oly módon, hogy a legnagyobb eltérést (különbséget) 9-es értéknek vettem, majd arányaiban határoztam meg a többi összehasonlítási eredményt.

3. táblázat AHP összehasonlítási mátrix a vizsgált kritériumok tekintetében a kérdőív eredmények alapján

Kritériumok [C]	Bolt	Oktatási intézmény	Buszmegálló	Zöldterület	Játszótér	Bevásárlóközpont	Étterem	Parkoló
Bolt	1	1	1	0,20	3	5	6	0,25
Oktatási intézmény	1	1	0,50	0,20	4	5	6	0,20
Buszmegálló	1	2	1	0,20	5	5	7	0,25
Zöldterület	5	5	5	1	8	9	9	1
Játszótér	0,33	0,25	0,20	0,13	1	2	3	0,13
Bevásárlóközpont	0,20	0,20	0,20	0,11	0,50	1	2	0,11
Étterem	0,17	0,17	0,14	0,11	0,33	0,50	1	0,11
Parkoló	4	5	4	1	8	9	9	1

A 3. táblázat értékeit ezután normalizált értékekké konvertáltam, melyek összesítésével kiszámítottam a kritériumok súlyozási értékeit. Ahogy a 4. táblázat is mutatja a zöldterület és a parkolási lehetőség rendelkezik a legmagasabb prioritással, ahogy ez a kérdőív eredményeiből is kiderült. A számszerűsített súlyozási arányok számításának ellenőrzésére használható a konzisztencia vizsgálat, amely megmutatja, hogy az értékek egymáshoz viszonyított összhangját. Ezáltal kiszűrhetők azok az esetek, amikor a súlyozás értékei nem konzisztensen kerülnek megállapításra. A módszertan előírása szerint, ha a konzisztencia arány 0,1 értéknél kisebb vagy azzal egyenlő, akkor a számítás megfelelő és nem szükséges a kritériumok összehasonlítási értékeinek módosítása.

4. táblázat A kritériumok súlyozása és a konzisztencia arány számítása

Kritériumok súlyozásának kiszámítása (CW)		Konzisztencia hányados kiszámítása		Konzisztencia hányados (CR) $CR=CI/RI$ $0.0451 <= 0.10$
Bolt	0.094646784	Súlyozott összeg (Ws)	Konzisz. (Ws*1/W)	
Oktatási intézmény	0.091595881	0.802542165	8.479339029	
Buszmegálló	0.11448553	0.768104247	8.385794626	
Zöldterület	0.317808035	0.989341238	8.641626921	
Játszótér	0.037684142	2.836251454	8.924417079	
Bevásárlóközpont	0.026358803	0.304175718	8.071716673	
Étterem	0.019834907	0.213393433	8.095717855	
Parkoló	0.297585918	0.161348315	8.134563695	
		2.62711914	8.828103003	
		Átlag. Lambda	8.44515986	
		Consistency Index (CI) $CI=(\text{Lamba}-n)/(n-1)$	Random Index (RI) $n=8$	
		0.063594266	1.41	

2.2.3. LOKÁCIÓS ÉRTÉK KISZÁMÍTÁSA ÉS ÁRKALKULÁCIÓ

A számítás során az összegyűjtött 8db épület került felhasználásra, melyek kondíciója azonos, de lokációjuk eltérő, viszont mindegyik Pécs kertváros területén található. A távolság értékek és a vizsgált kritériumok súlyozás szerinti értékének szorzat összegét használtam fel az adott ingatlan lokációs értékének meghatározására. Az 5. táblázat mutatja a számítás eredményeit, ahol látható az összesített érték reciprokká alakítása, hiszen a lokációs érték annál rosszabb minél távolabb helyezkednek el a vizsgált kritériumok.

A csatolmányok között felsorolt 25. táblázat bemutatja, miként került kiszámításra a lokációs érték pénzületi értéke. A számítás során összehasonlító analízist végeztem, ahol az adott ingatlanhoz tartozó lokációs értéket vettem össze a hozzá tartozó hirdetési árral. Az összehasonlítás során kapott pozitív érték azt jelenti, hogy az adott ingatlan lokációja és ára egyenes arányosságot mutat. A vizsgálat során a legtöbb esetben pozitív végeredmény született. Ezután a 0,001 egység lokációs érték került arányosítva kiszámításra az összehasonlító elemzés eredményeként. A 6. táblázatban bemutatott számítások segítségével

került kiszámításra a 0,001 értékre vetített lokációs érték, amely a számításaim alapján 6 779 Ft/m² értéknek felel meg a jelenlegi ingatlanpiaci körülmények között. A standard hiba meghatározza, hogy mekkora az átlagos eltérés a lokációs érték számítása során, ezáltal 694 Ft/m² eltérés lehet pozitív vagy negatív irányban.

5. táblázat Lokációs értékszámítás a kiválasztott ingatlanok esetén

Kritérium súly (CW)	0,095	0,092	0,114	0,318	0,038	0,026	0,020	0,298	
Kritérium név	Bolt	Oktatási intézmény	Buszmegálló	Zöldterület	Játszóter	Bevásárlóközpont	Étterem	Parkoló	
1.	Távolság (D)	87 m	165 m	55 m	219 m	122 m	693 m	128 m	30 m
	Számítás CW*D	8,234	15,113	6,307	69,600	4,597	18,267	2,539	8,928
						$\Sigma = 133,5853689$	1/$\Sigma = 0,00748585$		
2.	Távolság (D)	166 m	308 m	156 m	33 m	49 m	1107 m	191 m	11 m
	Számítás CW*D	15,711	28,212	17,880	10,488	1,847	29,179	3,788	3,273
						$\Sigma = 110,3783235$	1/$\Sigma = 0,00905975$		
3.	Távolság (D)	196 m	278 m	123 m	34 m	58 m	759 m	114 m	28 m
	Számítás CW*D	18,551	25,464	14,070	10,805	2,186	20,006	2,261	8,332
						$\Sigma = 101,6751489$	1/$\Sigma = 0,009835245$		
4.	Távolság (D)	57 m	179 m	43 m	175 m	92 m	783 m	74 m	22 m
	Számítás CW*D	5,395	16,396	4,895	55,616	3,467	20,639	1,468	6,547
						$\Sigma = 114,4224011$	1/$\Sigma = 0,008739547$		
5.	Távolság (D)	75 m	351 m	137 m	29 m	46 m	645 m	207 m	32 m
	Számítás CW*D	7,099	32,150	15,659	9,216	1,733	17,001	4,106	9,523
						$\Sigma = 96,48804429$	1/$\Sigma = 0,010363978$		
6.	Távolság (D)	79 m	79 m	209 m	238 m	140 m	789 m	156 m	23 m
	Számítás CW*D	7,477	7,236	23,889	75,638	5,276	20,797	3,094	6,844
						$\Sigma = 150,251693$	1/$\Sigma = 0,006655499$		
7.	Távolság (D)	204 m	719 m	133 m	277 m	153 m	946 m	215 m	91 m
	Számítás CW*D	19,308	65,857	15,258	88,033	5,766	24,935	4,265	27,080
						$\Sigma = 250,5022035$	1/$\Sigma = 0,003991981$		
8.	Távolság (D)	171 m	136 m	325 m	372 m	120 m	1130 m	272 m	31 m
	Számítás CW*D	16,185	12,457	37,157	118,225	4,522	29,785	5,395	9,225
						$\Sigma = 232,9512429$	1/$\Sigma = 0,004292744$		

Ezt követően a lokációs érték kiszámítását végeztem el a vizsgált ingatlanokra vonatkozóan, mely során elemeztem a lokációs érték arányát a teljes ingatlan értékhez képest. Ahogy a 6.

táblázat is mutatja, jelentős részt képvisel az elhelyezkedésből adódó értéknövekedés vagy csökkenés a vizsgált ingatlanok esetén.

6. táblázat Lokációs mérőszám érték (Ft/m²) kalkulációja a vizsgált ingatlanok esetén

Épület	Lokációs mérőszám	Ingatlan érték (Ft/m ²)	Lokációs érték (Ft/m ²)	Lokációs érték arány (%)
1.	0,0074	259423,076	50746,099	19,56%
2.	0,009	277592,592	61415,468	22,12%
3.	0,0098	288269,23	66672,5	23,13%
4.	0,0087	277192,982	59244,836	21,37%
5.	0,0103	288461,538	70256,75	24,36%
6.	0,0066	259615,384	45117,204	17,38%
7.	0,0039	248611,111	27061,384	10,89%
8.	0,0042	249838,709	29100,237	11,65%
Átlag:				18,81%
Lokációs érték (ár):			0,001=6778,93 Ft/m²	
<i>Standard hiba:</i>			<i>0,001=693,56 Ft/m²</i>	

A kiértékelt adatok alapján, Pécs kertváros területén nincsenek kirívóan frekvenciált vagy elhanyagolt területek, az analízis mégis mérhető eltéréseket mutat. Az ingatlanok hirdetési árai megfelelően jellemzik a lokációs adottságokat. Az érték kiszámítása segítséget nyújthat akár felújítások tervezése vagy magán és befektetési célú ingatlanok vásárlása esetén. Az alkalmazott számítási módszer Magyarország bármely területén alkalmazható panelépületek, panellakások lokációs értékének kiszámítására, amennyiben a kellő mennyiségű infrastrukturális információ rendelkezésre áll. A nemzetközi alkalmazási lehetőségeit tekintve az eltérő kultúrák igényeinek felmérése elengedhetetlen, hiszen más nemzetek más és más tényezőket tarthatnak fontosnak az ingatlan vásárlás során. Akár hazai városok esetén is lehet eltérés, hiszen például egy tó, vagy folyó közelsége és az arra való panoráma emelheti az ingatlanok értékét, vagy akár egy forgalmas útszakasz (mely a jelen vizsgálatban nem szerepelt tényezőként) ronthatja is azt.

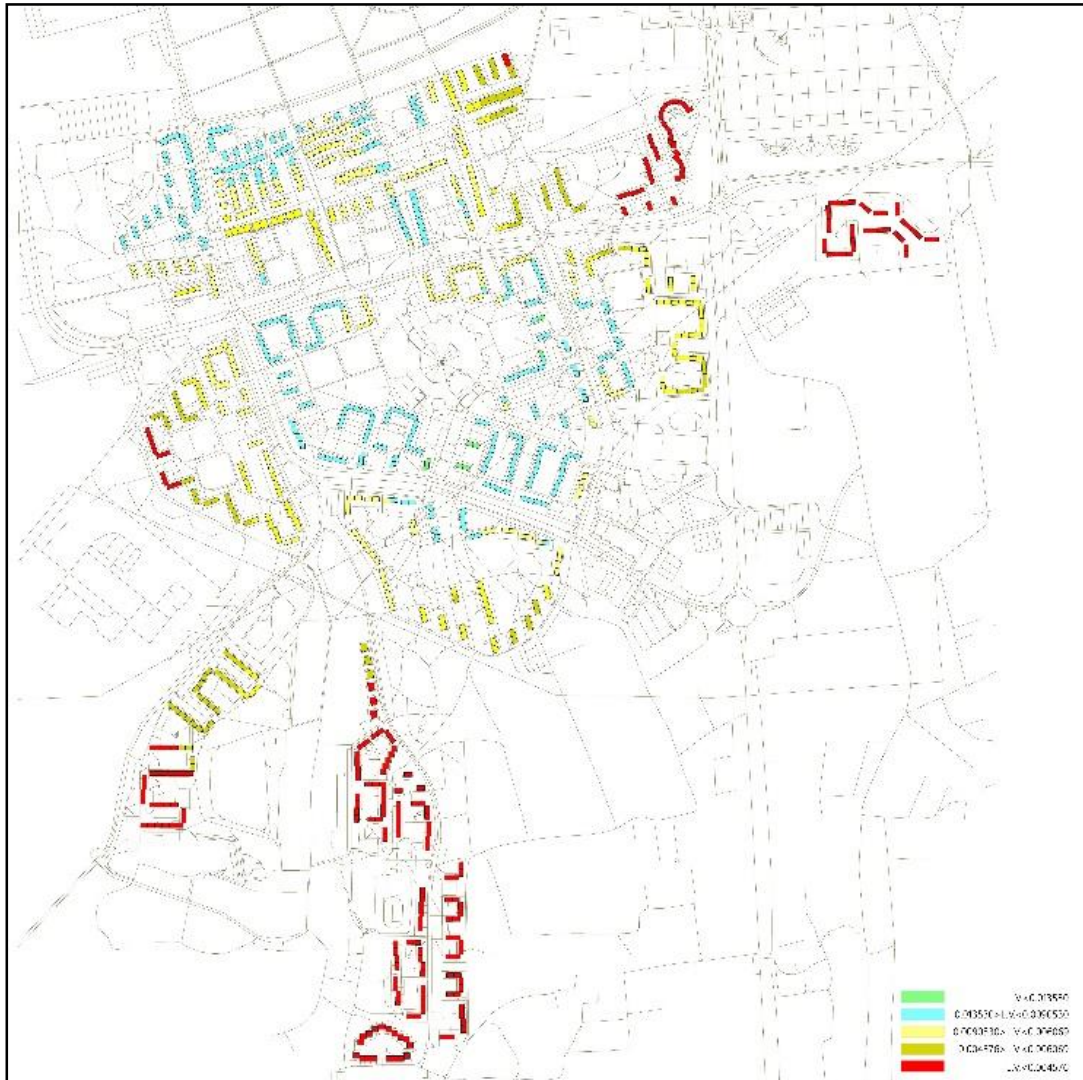
2.2.4. ÉPÜLET ÁLLAPOTJELLEMZŐINEK VIZSGÁLATA

A kutatás során készítettem egy összehasonlító elemzést az épületek állapotára vonatkozóan a lokáció elemzéshez alkalmazott módszertanok felhasználásával. A 2.2.1 fejezetben bemutatott kérdőív kitért az épület szerkezeti, energetikai, gépészeti állapotára és a lakóközösség fontosságára, melyek a feltételezésem és a beérkezett válaszok alapján, ugyancsak befolyásolják az ingatlan adás-vételi döntéshozatalt. Az AHP analízis segítségével súlyoztam,

majd az épületekhez rendeltem az egyes tényezőket. A PÉTÁV [23] által kutatómhoz biztosított adatszolgáltatás alapján lehetőségem volt a gépészeti és az energetikai állapotot meghatározni (lakásra lebontott energiafogyasztás, elosztórendszer adatok alapján). Az épületek szerkezeti állapotát az építési évük alapján rangsoroltam, míg a lakóközösséget a Kertvárosi Lakásfenntartó Szövetkezet [24] általi adatszolgáltatás alapján tudtam elemezni. A kiszámított értékeket összevettem a lokáció analízis során vizsgált ingatlanok árával és nem volt kimutatható egyenes arányosság. Következésképp megállapítható, hogy jelenleg az ingatlan adás-vételek során a panellakások vonatkozásában nem jelent értéknövelő, vagy értékcsökkentő tényezőt az épületek építése éve, fűtési rendszere, energetikai jellemzői és a lakóközösség helyzete. E négy tényező kombinációja nem jelenik meg egyértelműen az ingatlanok értékében. A jövőben tervezem a négy kritérium behatóbb vizsgálatát az ingatlan értékével összefüggő elemzés formájában. Véleményem szerint, az adás-vételek során a vásárlók nincsenek tisztában ezekkel a tényezőkkel és csupán a rezsi számlák és az eladó általi tájékoztatás alapján szereznek információt a megvásárolni kívánt ingatlanokról, mely véleményem szerint kockázatot jelent a beruházás során.

2.3. KÖVETKEZTETÉS

Az alkalmazott kutatómódszertan révén új nézőpontból vizsgáltam az ingatlanok elhelyezkedésből adódó értékét. A BIM módszertanok alkalmazása révén olyan háromdimenziós adatbázisok állíthatók elő, mellyel a nagy adathalmazok vizsgálata részben automatizált módon elvégezhető. Pécs kertváros BIM modellje tartalmazza a legfőbb épületekre és infrastruktúrára vonatkozó információkat. Ezek összehasonlítása több ezer számítási folyamatot igényel, viszont algoritmusok alkalmazásával néhány perc alatt képes voltam azok lefuttatására. A kutatás során az ingatlanok elhelyezkedéséhez kötődő értékek alapján elkészítettem Pécs kertváros lokációs térképét, melyen különböző színekkel jelöltem az előnyös és kevésbé előnyös elhelyezkedést a panelépületek tekintetében. Ahogy a 7. ábra is bemutatja a peremterületek kevésbé előnyösnek számítanak, míg az infrastrukturális szempontból jobban kiépített részek magasabb lokációs mérőszámmal rendelkeznek. A zöld színtől a piros felé haladva csökken az ingatlanok lokációs értéke. A térkép segítséget nyújthat az ingatlant vásárolni kívánó emberek részére, viszont fontos megjegyezni, hogy az egyéni preferenciák felülírhatják a kialakult térképet. Az elemzés során alkalmazott algoritmusokban és összeállított adatbázisokban az egyéni igények alapján akár néhány perc alatt generálható egy újabb számítás, így személyre szabhatóvá válhat bizonyos városrészek (ez esetben Pécs kertváros) lokáció elemzése.



7. ábra Pécs kertváros lokációs térképe

Jelen kutatási szakasz megvalósításában a következő szolgáltatók és ingatlan értékesítők által biztosított adatok és információk kerültek felhasználásra, melyek részben szigorúan bizalmas adatoknak minősülnek: Duna House [22], Otthon Centrum [21], Pécsi Távfűtő Kft. [23] és a Kertvárosi Lakásfenntartó Szövetkezet [24].

3. PANELÉPÜLETEK FELMÉRÉSI LEHETŐSÉGEINEK OPTIMALIZÁCIÓJA

A környezeti adottságok elemzését követően az épületszintű vizsgálatok kerültek kutatásom fókuszába. A magyarországi házgyári épületek nagy száma indokolja az épületek felmérésének optimalizációs lehetőségeinek kutatását. A felmérési metódusok szinte az összes épület esetén hasonló elvek szerint alkalmazhatók, hiszen a panelépületek egyik fő jellemzője az egyszerű téglatest szerű forma és a belső terek sematizált kialakítása. Amennyiben a hazai panelépület állomány felújítását komplexen vizsgáljuk, akkor kijelenthető, hogy csupán a felmérési metódusok 1%-os hatékonyságnövelésével 7 044 munkaóra spórolható meg (az alább bemutatott kutatási eredményeim alapján). Országos szintű tervezetek már jelentek meg a kormányzat részéről is, viszont komplexen a teljes épületállomány renoválása hatalmas beruházás lenne, így a hatékonyságnövelés és az optimalizálás lehetőségeinek feltárása jelentős eredményekhez vezethet.

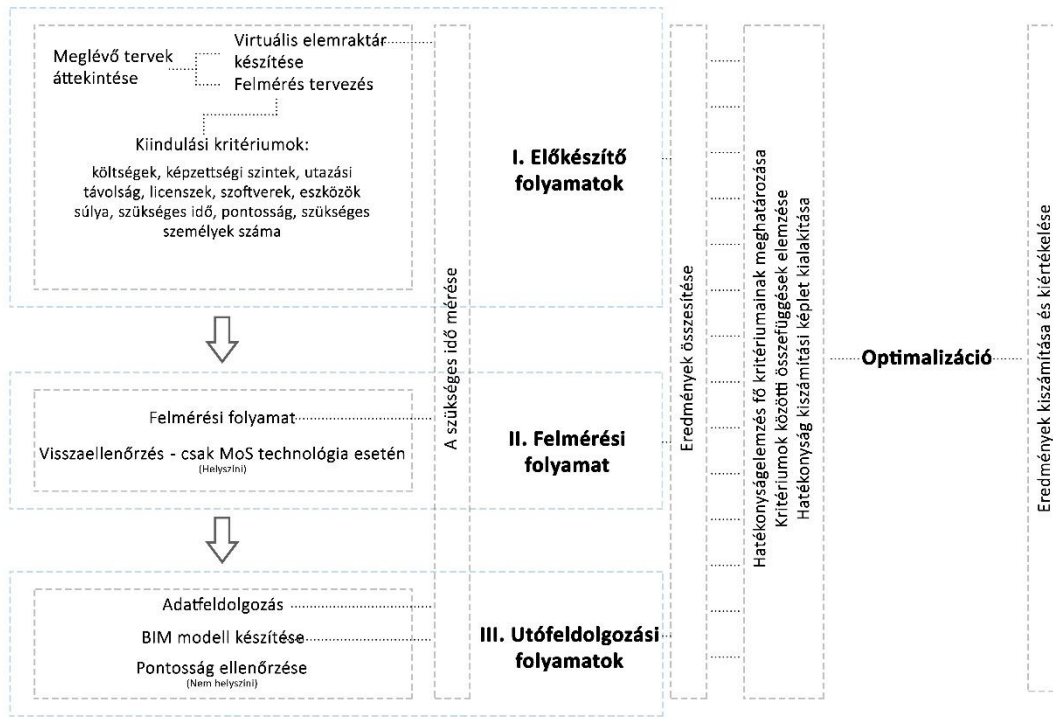
A magyarországi ingatlanulajdonlási rendszer megnehezíti az épületek komplex felmérés szempontú elemzését, mivel a lakók és tulajdonosok bizalmatlanok az idegenekkel szemben. Jelen kutatási szakaszban is Pécs kertváros területére fókuszáltan történtek a vizsgálatok. A Kertvárosi Lakásfenntartó Szövetkezet [24] segítségével sikerült egy olyan épületet találni ahol 3 ingatlanulajdonos is hozzájárult a lakáson belüli terek felméréséhez és az összes lakó engedélyezte az épület közös tereinek és homlokzatának felmérését.

3.1. KUTATÁSMÓDSZERTAN

A vizsgálat során alap feltételezés volt, hogy a különböző felmérési eljárások végeredményei felmérési BIM modellek az adott épületrészekről, ezáltal összehasonlítható információhalmazt hozva létre. A 8. ábra bemutatja az alkalmazott elemzési módszer főbb lépéseit és a folyamatok kapcsolati rendszerét. Az előkészítő folyamatok részeként az épület meglévő terveit elemeztem, mely alapján egy virtuális elem raktárat hoztam létre Graphisoft ArchiCAD 22 szoftverben. Ezután a felmérés megtervezése következett, ami alatt a főbb kritériumok meghatározása értendő. A kritériumok meghatározása a kutatás szempontjából kardinális kérdés volt, mivel az összehasonlítás alapját a kiválasztott tényezők képezik. Az előkészítő szakaszban a következő tényezők kerültek definiálásra: költségek, képzettségi szintek, utazási távolságok, szoftverek, felmérő eszközök súlya, szükséges felmérési időtartam, felmérési pontosság, szükséges létszám. A kutatás során minden vizsgált technológia alkalmazása esetén rögzítésre kerültek a szükséges felmérési időtartamok. A felmérési utómunka külön kutatási szakaszként definiált, mivel az eltérő technikák, különböző metódusokat igényelnek és azok idő és munkaigényessége is fontos szempontként értelmezhető. Ezen felül az utófeldolgozási szakaszban az elkészült állományok minőségi vizsgálata is releváns, mivel a felmérés eredményességét jól mutatja a készülő modell pontossága.

A felmérés optimalizálás során a különböző technikák összehasonlítása révén elérhető hatékonyságnövelés a cél. Ehhez szükséges a felmérés során összegyűjtendő információk

elemzése és egy módszertan vagy képlet kifejlesztése a technológiákból adódó különbségek áthidalására, melyek segítségével összehasonlíthatóvá válnak a kiválasztott kritériumok.



8. ábra A vizsgálati módszertanok összefüggéseit és a kutatás módszertan kapcsolatait bemutató ábra

3.2. KUTATÁSHOZ KAPCSOLÓDÓ TOVÁBBI INFORMÁCIÓK

Olyan épületet kellett kiválasztanom, ahol a tulajdonosok és a lakók hozzájárulnak a kutatásban való részvételhez. A Pécs Kertvárosi Lakásfenntartó Szövetkezet [24] segítségével sikerült kiválasztani egy négyemeletes panelépületet, amely a TM-51-es típusba [28] sorolható. Az épülethez mindkét oldalról egy-egy csatlakozó épület tartozik és korábban energetikai felújításon esett át (külső hőszigetelés formájában). Alaprajzi kialakítását tekintve (a panelépületekre jellemző módon) szintenként azonos lakáselrendezés található, így megállapítható, hogy egy teljes szint felméréssel megfelelő mennyiségű adat állítható elő a kutatás szempontjából. Egy szinten 3db lakás található és sikerült olyan ingatlan tulajdonosi közösséget találni, ahol az egy szinten lévő lakások tulajdonosai felajánlottak az ingatlanokba való bejárás lehetőségét, ezáltal biztosítva egy teljes szint felméréseinek kivitelezését. A lakások mérete nagyjából megegyező volt, viszont alaprajzi kialakításuk részben eltérő. Valós felújítási projekt esetén javasolt az összes szinten minden lakást felmérni, mivel az egyedi átalakítások befolyásolhatják a felújítás tervezését és sikerességét. A meglévő tervek alapján történő modellezés majd azokból származtatott felújítási tervek pontosságukat tekintve nem kielégítőek, hiszen a megvizsgált három lakásban is számos eltérés található a meglévő tervekhez képest (pl.:12. ábra).

A BIM modellek használatához szükség van néhány meghatározásra. A felmérési módszerek vizsgálata során LOD 200-as részletességnek megfelelő modellek készültek. A modell részletesség meghatározására léteznek különböző módszertanok, melyek közül az egyik a Level of Detail vagy Level of Development (LOD) meghatározása [31]–[35]. Az LOD meghatározhatja a modell grafikai, geometriai és információtartalmi részletességét egyaránt. Napjainkban már léteznek automatikus [36]–[39] és manuális modellezési eljárások, viszont a vizsgálat során a manuális módszertan került alkalmazásra. A modellezési folyamatok támogatására elkészítettem egy modellelem raktárt (9. ábra), mely tartalmazza a modellezés során használandó összes épületszerkezeti (födém, fal, lépcső) és nyílászáró elemet. A BIM modell készítésének elsődleges célja az összehasonlítható végeredmény létrehozása volt, ezáltal a felmérések kiinduló és vég állapota azonos, amely alapján az optimalizáció elvégezhetővé válik. Az utófeldolgozási folyamatokat én végeztem, ezáltal egyenletes és több mint 10 éves modellezési tapasztalattal rendelkező személy végezte azok elkészítését.

3.3. FELMÉRÉSI TECHNOLÓGIÁK BEMUTATÁSA

Az informatika fejlődésével új felmérési technológiák jelentek meg. Jónéhány tanulmány foglalkozik az általam vizsgált felmérési technikákkal külön-külön [40]–[42], vagy azok pontosságának összehasonlításával [43], [44], de nem létezik olyan kutatás, ami a hagyományos, földi lézerszkennelés (Terrestrial Laser Scanning – TLS), sztereo-fotogrammetria és a helyszíni modellezés (Modelling on-Site – MoS) lehetőségeit elemzné az optimális felhasználás céljából. A 9. ábra bemutatja a felmérési eljárások és az előkészítés során előállított elemraktár fényképét. A következő fejezetekben az egyes felmérési technológiák és a hozzájuk kapcsolódó módszertanok, munkafolyamatok és eszközök kerülnek bemutatásra.



9. ábra A hagyományos (1.), helyszíni modellezés (2.), földi lézerszkennelés (3.), és sztereo-fotogrammetria (4.) felmérési eljárások illusztrációja és a BIM modellezéshez előkészített elemraktár (5.)

3.3.1. HAGYOMÁNYOS FELMÉRÉS

A hagyományos felmérési eljárások Magyarországon az egyik legelterjedtebb felmérési módnak számítanak. Nem igényel speciális eszközöket, a legtöbb esetben manuálisan vagy részben automatizált módon történik a felmérés. A jelenlegi kutatásban mérőszalag, papír és toll került felhasználásra, mint manuális eszközök és egy lézeres távmérő (Leica Distotm D2 [45]) alkalmazására is sor került, mint részben automatizált eljárás. A távmérő 100 méteres távolságban 1,5mm-es pontossággal volt képes mérni a gyártói adatok alapján. Bár a klasszikusan hagyományosnak nevezett felmérések esetén semmilyen digitális eszköz használatára sincs igény, mégis napjaink hagyományos felmérési módszereibe szervesen illeszkednek a lézeres távmérő eszközök. A felmérési módszertan egyszerű volt, a távolságok, falvastagságok és nyílások méreteinek lemérését követően azokról manuálék (kézi rajzok) készültek.

3.3.2. HELYSZÍNI MODELLEZÉS (MODELLING ON SITE - MoS)

Ahogy az a kutatás elején meghatározásra került, BIM modellek készültek a felmérési eljárások végeredményeként. Innen származik az ötlet, hogy a felmérés során, akár azonnal megépíthető lehet a 3D modell, így a szükséges utómunkát kihagyva a folyamatból. Ez a felmérési eljárás a saját ötletem alapján a PTE Műszaki és Informatikai karán megalapult BIM SKILLS kutatócsoport által került kidolgozásra. A modellezéshez egy erős hardware-el és megfelelő akkumulátor kapacitással rendelkező laptopra volt szükség, így esett a választás Asus Zenbook pro ux550ve [46] típusra. Ezen felül egy lézeres távmérőre (Leica Distotm D2 [45]) és két ember jelenlétére volt még szükség, egyikük a távolsági méréseket végezte, a másik személy pedig a modellben rögzítette az elemeket a megfelelő pozícióban. A kutatásban résztvevő modellező 10 éves modellezői tapasztalattal és 10 éves szoftverspecifikus ismeretekkel rendelkezett. A modellezéshez a Graphisoft ArchiCAD 20 oktatási verzióját használtuk. A felmérés során a modellező követte a felmérőt, hogy meglegyen a vizuális kapcsolat kettejük között, ezáltal biztosítva a megfelelő értékek lemérését és rögzítését a modellben. A modellezés közben nem készült méretezés, mivel az elemek azonnal a megfelelő pozícióban kerültek lehelyezésre. LOD 200-as részletességgel készült a háromdimenziós állomány, melyben a helyiségekben található felületképzések paramétereiként rögzítésre kerültek.

3.3.3. FÖLDI LÉZERSZKENNELÉS (TLS)

Ez a technológia a mobil térképészeti rendszerek (Mobile Mapping System – MMS) [47] részeként az 1980-as években [48] látott napvilágot. A szkennelők pontosságát tekintve a legjobbnak mondható az összes alkalmazott eszköz közül. [35] Leica ScanStation C10 –es típus került alkalmazásra, HDS6000 állványzattal. A szkennelés során csupán egy szakember jelenlétére volt szükség, aki az eszközön elvégezte a szükséges beállításokat, amely azután önállóan, automatikusan elvégezte a felmérési folyamatot az adott eszköz állásban. Az alkalmazott eszköz gyártói adatok alapján 2-6mm pontosságra képes 1-50m-es távolságban. A felmérést 6mm-es pozíció és 4mm-es távolság pontossággal képes elvégezni [49]. A felmérés eredményeként pontfelhőt állít elő az eszköz, mely során kiválasztható, hogy fekete-fehér vagy

színes állomány készüljön. Megvizsgáltam a két lehetőség közti különbséget, mely során a felmérési idő kb. háromszorosa volt a színes pontfelhő esetén és az utómunka során nem rendelkezett annyi plusz információval (a helyiségek egyszerű kialakítása miatt), hogy megérje a színes pontfelhő készítése. Ezáltal a felmérések a felmérő szakember tanácsára fekete-fehér formában készültek.

3.3.4. SZTEREO-FOTOGRAMMETRIA

A fotogrammetria az építőipar egyik gyors ütemben fejlődő tudományága. Kezdetben leginkább régészeti és térképészeti céllal [50] alkalmazták, azonban számos kutatás vizsgálja a technológia építészeti felhasználását egyaránt [35], [51], többek között jelen disszertáció 4. fejezete. A sztereo-fotogrammetria technológia lényege röviden összefoglalva, hogy képpárok alapján térbeli pontokat tartalmazó pontfelhő kerül előállításra [50], amely ezután a modellkészítés során felhasználható (4. fejezetben bővebben kifejtve). A kutatás folyamán a következő eszközök kerültek felhasználásra a belső felmérések esetén: Nikon D5300, AF-P DX NIKKOR 18-55mm f/3.5-5.6G VR lensével, Canon EOS600 Canon Zoom lensével EF-S 18-135mm 1:3.5-5.6 IS és Samsung Galaxy A3 (2016) telefon 12,8 MP f3,70mm kamerával, autófókusz üzemmódban alkalmazva. A kültéri homlokzatok felmérése esetén a Nikon D5300 fényképezőgép és egy DJI Phantom 4 típusú pilóta nélküli légi jármű (Unmanned Aerial Vehicles - UAV) került alkalmazásra. Az UAV 12,4MP FOV 94*200 (35mm format equivalent) f/2.8 fókuszú ∞ kamerával rendelkezett. Az utófeldolgozás során az Agisoft Photoscan Pro 1.4 verzióját használtam [52].

3.4. FELMÉRÉSI FOLYAMAT

A felmérés folyamán különböző rész egységekre osztottam fel az épületet: lakás belső terek, lépcsőház és külső homlokzatok. Az alagsor és néhány garázs is felmérésre került, viszont ezekben az esetekben nem volt lehetőségem minden technológiát tesztelni, így az összehasonlítás során nem vettem figyelembe a generált eredményeket. A 7. táblázat mutatja a felmérési technológiák alkalmazását az egyes épületrészek vonatkozásában.

A lakás belső tereinek felmérését mind a négy korábban (3.3 fejezet) bemutatott technológiával sikerült felmérni, ezáltal jó alapot szolgáltatva a kutatás folytatásához. A 3 lakástulajdonos engedélyezte a lakásokba való bejutást, viszont kérték, hogy maximálisan egyszerre 3 ember tartózkodjon a lakásokban, és ha lehet, minél gyorsabban végezzük el a szükséges felméréseket. 7 fő vett részt a belső terek felmérésében, akik közül ketten a hagyományos felmérési módszertannal, ketten a helyszíni modellezéssel, ketten a sztereo-fotogrammetriával és egy fő pedig a lézershakkeléssel foglalkozott. A lakások elhelyezkedésüket tekintve azonos szinten helyezkedtek el és a kérésnek megfelelően egyszerre csak egy technológiával mértük a lakást, így nem zavarva egymást, de hatékonyan kihasználva a rendelkezésre álló időkeretet.

A lépcsőházat egy szinten mértük fel, az épület azon részén, ahol a lakások is elhelyezkedtek. Itt nem volt létszámkorlát a felmérés során. A sztereo-fotogrammetriai felmérés annyiban tért el a lakás belsőterekhez képest, hogy úgynevezett „targeteket” [52] használtunk és helyeztünk el a felmérni kívánt helyeken, a még nagyobb pontosság elérése érdekében.

A homlokzatok felmérése esetén mind a négy technológia tesztelése megtörtént. Fontos megjegyezni, hogy a hagyományos és az MoS technológiák alkalmazása során csupán egy szint felmérésére volt lehetőségem, a magasabban elhelyezkedő homlokzati elemek felméréshez szükséges speciális eszközök beszerzésére a kutatás keretein belül nem volt lehetőség. Az ismétlődő elemek és kialakítások végett a kutatás szempontjából a felmért részek sokszorozása elegendő információt tartalmazott, viszont annak pontossága megkérdőjelezhető. A külső felmérések időben eltértek egymástól, viszont ez nem volt hatással a végeredményekre.

7. táblázat A felmérési technológiák alkalmazását bemutató táblázat a különböző épületrészek esetén

	Hagyományos	TLS	Sztereo-fotogrammetria	MoS
Lakás belső terek	x	x	x	x
Lépcsőház	x	x	x	x
Homlokzat	x	x	x	x

3.5. ADATGYŰJTÉS ÉS UTÓFELDOLGOZÁS

Az adatok minősége és mennyisége jelentős hatással volt a felmérési folyamatok eredményességére. A hagyományos felmérés esetén manuálék készültek, melyekből az utófeldolgozás során BIM modellt készítettem manuális modellezési eljárással, a már meglévő elemraktárat felhasználva. Először a lakások modellezése folyt, melyek külön fájlokban készültek. Ezt követően a lakásokat a megfelelő pozícióban egyesítettem, viszont az egyesítés során pontossági és méret problémák adódtak. A 3 lakás nem illeszkedett tökéletesen a manuálék alapján felépített BIM modellben. A rajzokat ezután újra ellenőriztem, de a modellek egyértelműen a rajzok szerint kerültek megépítésre, ezáltal pontatlansági problémát sikerült felfedezni.

A lézerszkennelés eredményeként pontfelhő állomány generálódott, majd az egyes pontfelhő részek alapján került megépítésre a BIM modell. Mivel egy állományban készült és a pontfelhő illesztése során már előjöttek volna a pontatlansági problémák, az elvárásoknak megfelelően pontos modell lett a végeredmény. A következőkben a lézerszkenneres állomány alapján vizsgáltam a többi technológia végeredményét, mivel annak pontossága megkérdőjelezhetetlen volt.

A helyszíni modellezés során már a helyszínen BIM modell készült, így utófeldolgozásra nem volt szükség. Ebben az esetben az adatgyűjtés és a feldolgozás egy időben zajlott ezzel idő nyereséget érve el. A felmérési technológia a hagyományos felmérési technikán alapul, viszont a modellben való leképezés azonnali visszacsatolást kínál a felmérés folyamán és a rögzített geometria tekintetében ez pontosság növekedést jelentett. Ezáltal az elkészített modell pontos és megfelelő pozíciójú modell elemekkel készült.

Az elkészített BIM modellek biztosították az összehasonlíthatóság alapját, hiszen azonos végeredményeket kellett összevetni és elemezni.

3.6. OPTIMALIZÁCIÓ

Léteznek matematikai módszerek a legmegfelelőbb megoldás kiválasztására [53], [54], tanulmányok a geometriai felmérések [55] és mennyiségi felmérések [56] optimalizációjára, vagy az anyagi megtérülés kiszámítására [57]–[59], azonban a jelen kutatási szakaszban egy összehasonlítási elemzésen alapuló logikai metódus kifejlesztését tűztem ki célul. Az optimalizáció első lépéseként a vizsgálatban résztvevő kritériumok meghatározására volt szükség. A kutatás elején felvázolt tényezők mindegyike valamilyen szinten hatással van a felmérés eredményességére, viszont a tényleges felmérések során tapasztalt főbb problémáknak és tényezőknek a következő kritériumokat határoztam meg:

- előkészítési és felmérési idő,
- eszköz bérlési vagy beszerzési költségek,
- szükséges képzettségi szint a felmérés elvégzéséhez
- felmérési eredmények pontossága.

Ezek közül az idő, az eszköz költségek és a képzettségi szintek szoros kapcsolatban állnak a teljes költséggel, hiszen minél több ideig tart, vagy drágább az eszköz és magasabb képzettségi szint szükséges, annál drágább a felmérési eljárás. A felmérési pontosság vizsgálata esetén érdemes meghatározni a kívánt végeredményt és az alapján rangsorolni a technológiákat. A kutatás során a TLS technológia által generált állományt tekintettem a legpontosabbnak, ezáltal az összehasonlítás alapját képezte. A beltéri felmérések elemzése folyamán az elkészített modellelemek száma, az épület teljes hossza és szélessége, a nyílászáró pozíciók és a csatlakozási problémák száma alapján került meghatározásra a pontosság. Lépcső esetén a szintmagasságokat, a lépcsőfokok be és fellépési értékeit, nyílások és korlátok pozícióját és méretét vizsgálva definiáltam a vonatkozó pontossági értékeket. A homlokzati felmérés pontosságát a teljes épülethossz, a rejtett (felmérés során takart) részek felületi értékei, nyílászáró pozíciók, méretek (felület) és az épület magassága határozta meg.

A további tényezők hatása elenyésző, vagy nagyon projektspecifikus, így a vizsgálat során általános meghatározásukra nem került sor. Ezen felül a korábbi főfejezetben említett AHP analízist hívtam segítségül, mely során építészeket kértem a hierarchikus elemzés szabályai szerinti besorolásra, és túlnyomó többségben az általam is relevánsnak vélt kritériumokat választották ki. A kutatás folyamán nagy mennyiségű adathalmaz keletkezett, melyek eltérő mértékegységekkel rendelkeztek (idő-perc; költség – forint; képzettségi szint – szöveges paraméter; pontosság – százalék). Szükség volt egy olyan elemzési módszertan kidolgozására, amely segítségével az eltérő mértékegységű kritériumok egy rendszerben kezelhetők. A kutatás céljaként említhető, egy olyan mérőszám megalkotása, amely megfelelően jellemzi a különböző felmérési technológiák hatékonyságát. Ezt Felmérési Hatékonyság indexnek (Surveying Efficiency index – SE_i) neveztem el, mely segítségével kiszámíthatóvá váltak az egyes technológiákhoz tartozó kritériumok kombinációjából adódó hatékonysági értékek.

3.6.1. SZÁMÍTÁSI METÓDUS

A hatékonysági index kiszámítása előtt szükséges néhány kiegészítő számítás elvégzése. Mivel eltérő mértékegységű tényezők összehasonlítására van szükség, ezért kellett egy közös mértékegység. A százalékos érték került kiválasztásra, mint közös tényező. A felmérés során összegyűjtött adatok alapján relatív értékeket számítottam az idő és költség kritériumokhoz. A relatív értékek azt jelentik, például a költségelemzés vonatkozásában, hogy a négy technológiára jutó teljes költség százalékos arányban kerül elosztásra a felmérési módszerek között, ezáltal egy arányszámot generálva, mindegyik módszertanhoz. A következő képlet segítségével számítottam ki a relatív értékeket (példaként a hagyományos technológiát bemutatva, viszont a tényezőket természetesen az egyes esetekhez társítva kell kiszámítani):

$$\text{Logikai képlet: } \frac{\text{Hagyományos}}{\sum (\text{Hagyományos, TLS, Fotogrammetria, MoS})} \times 100$$

A képlet megfelelően alkalmazható például a költségek relatív értékének kiszámítására, ahogy ez a 8. táblázatban is látható. A költségek esetén három különböző állapotot vizsgáltam: az eszközök rendelkezésre állását, az eszközök bérlését, és az eszközök beszerzését. A 8. táblázat bemutatja, hogy a lézerszkenneres technológia a többi eljárásához viszonyítva drágának számít, ezáltal a relatív értéke is magas (93,8%).

8. táblázat A költségek relatív értékének kiszámítása az egyes technológiák esetén

	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
Eszköz árak (becsült)	~70 000 Ft	~22 750 000 Ft	~875 000 Ft	~560 000 Ft
Relatív beszerzési költség	0,29%	93,80%	3,61%	2,31%
Eszköz bérlési árak (becsült)	~5 600 Ft	~112 000 Ft	~80 500 Ft	~10 500 Ft
Relatív bérlési költség	2,68%	53,69%	38,59%	5,03%

A munkafolyamatok hatékonysági értékét jelentős mértékben befolyásolja a felméréshez szükséges képzettségi szint. A magyarországi oktatási rendszerhez igazítva kerültek meghatározásra az értékek a 9. táblázatban bemutatott módon. Ezek becsült százalékos értékek, melyek a humán erőforrás megjelenítését hivatottak figyelembe venni az összehasonlítás során. Ahogy a 9. táblázatban is látható a hagyományoshoz és a fotogrammetriához középiskolai végzettség míg, a TLS és az MoS technikákhoz főiskolai vagy egyéb szakképesítés szükségessége került meghatározásra. Mivel ezek bármely kombinációja is eredményezhet megfelelő végeredményt, ezért általánosságok meghatározására volt szükség, melynek alapját a hazai oktatási rendszer besorolásai biztosították. Azonban megjegyzendő, hogy akár egy általános iskolai végzettség is elegendő lehet a hagyományos technológiához és ugyanígy egy doktori végzettséggel sem biztosítható például a lézerszkenneres felmérés megfelelősége. Ezen adatok nehezen mérhetők, viszont nagy jelentőséggel bírnak a hatékonyság során, ezért

kijelenthető, hogy minden esetben hozzáértő szakemberek alkalmazására van szükség. Való projekten alkalmazott hatékonyság elemzés során akár a saját céges felépítés, értékelési rendszer is alapul vehető.

9. táblázat Szükséges képzettségi szintek meghatározása az egyes felmérési technológiákhoz

Végzettségi szint	Kalkulált érték	Felmérési technológiák
Általános iskolai végzettség	20%	
Középiskolai végzettség	40%	Hagyományos, sztereo-fotogrammetria
Főiskolai végzettség / szakképzés	60%	TLS, MoS
Egyetemi végzettség	80%	
Doktori végzettség	100%	

Ezek alapján a költségek (8. táblázat), idő (10. táblázat), képzettség (9. táblázat) és pontossági értékek (26. táblázat, 27. táblázat) is meghatározhatók és meghatározásra kerültek egy közös százalékos nevezővel.

3.6.2. OPTIMALIZÁCIÓS FOLYAMAT

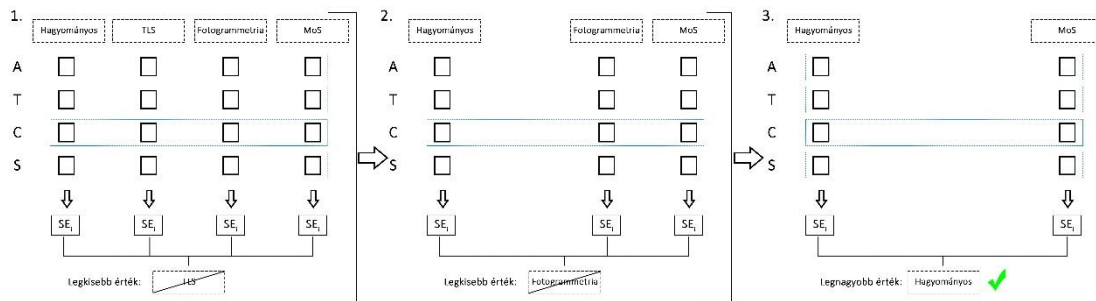
Minden tényező adott az optimalizációhoz, viszont ahhoz, hogy a kiválasztott tényezők összehasonlításából kiszámítható legyen a hatékonysági index a kritériumok logikai kapcsolatát volt szükséges összeállítani. A számítást evidens megállapítások alapján állítottam össze. A felmérési pontosság egyértelműen pozitív hatással van a felmérési módszerre, azonban az idő, a költségek és a szükséges képzettségi szintek nagyobb értékei negatívan befolyásolják azt. Hiszen, ha a költségek emelkednek, úgy a felmérés drágább, vagy ha az idő tényező nő, akkor a felmérés hatékonysága csökken. A leírt logikai folyamatokat összegzi a következő logikai képlet:

$$SE_i = w_1 \times A - (w_2 \times T + w_3 \times C + w_4 \times S)$$

SE_i = Surveying Efficiency index (Felmérési Hatékonysági index) ; **A** = **Accuracy (pontosság)**; **T** = Relative **Time** (Relatív felmérési és utófeldolgozási idő) ; **C** = Relative **Costs** (Relatív költségek beszerzés és bérlés esetén); **S** = Required **Skill** level (Szükséges képzettségi szint)

A képlet használatával az épület különböző részeire vonatkozóan meghatározható a hatékonysági mutató, mely megfelelő alapot biztosít a technológiák kiválasztása során. Habár a logikai rendszer alapján felépített képlet alkalmazása egyszerű az előzetes relatív értékek kiszámítása komplikáltabb folyamat. A képlet tökéletesen működik, amennyiben két technológiát szeretnénk összehasonlítani, de kettőnél több esetén a relatív értékek torzíthatják a végeredmények különbözőségének mértékét. Hiszen, ha egy kritérium egy adott módszertan

esetén kirívóan eltér, akkor a további technológiák egymáshoz viszonyított értékei kisebb eltérést mutatnak. Ezért a kutatás során alkalmazott 4 féle eljárás vizsgálata esetén többszöri kiegészítő számításokat végeztem. Első körben a bemutatott módon kerül összehasonlításra a 4 technológia, majd az eredmények alapján a leggyengébben teljesítő technológia a következő számítás során kihagyásra kerül. Ahogy a 10. ábra elméleti példájában is megfigyelhető az első összehasonlítás eredményeként a TLS bizonyult a legkevésbé hatékonynak, ezáltal a második számításban már nem is szerepel. A második számítás eredményeként a fotogrammetria esik ki, majd a harmadik számítás esetén a két megmaradt technológia összehasonlító elemzése során a legmagasabb SE_i értékkel rendelkező lesz az adott épületrész felmérése szempontjából a leghatékonyabb eljárás.



10. ábra A számítási folyamat szemléltetése 4 technológia összehasonlítása esetén

Ez a módszertan lehetőséget biztosít egymástól eltérő metódusok összehasonlítására, viszont az összehasonlítás elvégzéséhez kiinduló adatokra van szükség, melyeket a jelen kutatás esetén a felmérési adatok, a felmérés során összegyűjtött információk, egyéb meghatározások és költségek jelentették. Ebből kifolyólag panelépületek esetére rendelkezésre állnak a konkrét számítások elvégzéséhez szükséges alapadatok.

3.7. EREDMÉNYEK

Az optimalizációs folyamatok eredményeként kiszámíthatóvá válik a hatékonysági index. A fő kritériumok és az alkalmazott tényezők elemzése és mérése az épület különböző részeire és technológiákra lebontva készült. Az előkészítő idő nem került beépítésre az időtényezőbe, mivel ez az időtartam mindegyik eljárás esetén azonos értéket mutatna, hiszen minden esetben az előkészített alapfájlból indult a modellezés folyamata. Egyetlen eltérés volt az előkészítés során a felmérési eljárások között, mégpedig a lézerszkenneléshez szükséges mérési pontok megtervezése. A felméréndő geometriák és helyiség egyszerűségéből adódóan a tervezés a helyszínen történt és csupán néhány másodpercet vett igénybe. A tervezés célja az volt, hogy minden helyiség felmérésre kerüljön és a helyiségek felmérése során generált pontfelhő állományok között megfelelő mértékű átfedés készüljön.

3.7.1. FELMÉRÉS EREDMÉNYEI AZ ÉPÜLETRÉSZEK VONATKOZÁSÁBAN

A következő fejezetekben épületrészekre lebontva kerülnek bemutatásra a felmérés eredményei. Nem minden eredmény került beemelésre a törzsszövegbe, viszont a csatolmányok között megtalálhatók a felhasznált adatok (26. táblázat, 27. táblázat, 28. táblázat, 29. táblázat, 30. táblázat, 34. táblázat, 35. táblázat, 36. táblázat, 37. táblázat, 38. táblázat, 39. táblázat).

3.7.1.1. LAKÁS BELSŐ TEREINEK FELMÉRÉSE

A felmérési eredmények változatosak és néhány esetben használhatatlanok voltak. A 10. táblázat rendszerezi a felmérési és utófeldolgozási időket a felmért három lakásra összesítve. A hagyományos felmérés viszonylag gyors módszernek tekinthető, hiszen a felmérés csupán 75 percig, míg az utófeldolgozás 117 percig tartott. Ahogy a korábbi fejezetekben is említettem az eredmények sok esetben pontatlanok voltak és egy újabb helyszíni ellenőrzés szükségességét irányozták elő a megfelelő korrekciók elvégzése céljából. A helyszíni modellezés jó eredményt ért el az időtényezők tekintetében, hiszen a felmérési idő csupán 115 perc volt és az utófeldolgozási időtényező pedig 0 a technológia módszertanából fakadóan. Ezáltal az időtényezők tekintetében a legjobbnak mondható technológia és a BIM modell helyességével sem voltak problémák a nagy számú helyszíni önellenőrzés és a felmérés azonnali 3D visszacsatolása révén.

10. táblázat A felmérési és utófeldolgozási idők módszertanok szerinti lebontása a belső terek tekintetében

		Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
Felmérési és utófeldolgozási idő					
Lakás belső terek	Felmérési idő	75 perc	180 perc	62 perc	115 perc
	Utófeld. idő	117 perc	246 perc	295 perc	0 perc
	Σ	192 perc	426 perc	357 perc	115 perc
	Relatív idő	17,61%	39,08%	32,75%	10,55%

A sztereo-fotogrammetria nem az előzetes elvárásaimnak megfelelően működött. Az utófeldolgozó szoftver előírásai alapján [52] készült a felmérés, viszont nem sikerült a tereket és geometriákat jól leképezni az utófeldolgozás során. Összesen 953 kép készült (jpeg és rav formátumban), amely igen jelentős 84,3Gb adatot eredményezett. Ahogy a 11. ábra bemutatja néhány épületrész pontfelhő állománya megfelelő, viszont a lakás belső terek (B) esetén korlátokba ütköztem. Agisoft Photoscan szoftvert alkalmaztam az utófeldolgozás során, mely 295 percnyi számítás során sem eredményezett használható végeredményt (BIM modellezési időről irreleváns ebben az esetben beszélni, mivel az állomány nem volt alkalmas további feldolgozásra). Ahogy az értekezés 4. fejezetében bemutatom a technológia alkalmazhatósága tágasabb és több természetes fényrel rendelkező belső terek esetén megfelelő végeredményt

nyújthat, viszont szűk terek esetén a technológia további fejlesztésére van szükség. Minden rész esetén azonos beállításokkal történt a kiértékelés, legmagasabb fotó illesztés és ultra magas részletességű pontfelhő készült. A kiértékelési idő csökkenthető más beállítások használatával, de törekedtem a legjobb minőség előállítására és a felmérési eredmények azonos beállításokkal való kiértékelésére.



11. ábra Sztereo-fotogrammetriai eljárással készített pontfelhő állományok: A - homlokaz, B - konyha, C - lépcsőház

A TLS a korábbi elvárásoknak megfelelő pontosságú végeredményt generált. A felmérési idő 180 perc volt, míg az utófeldolgozás 246 percet vett igénybe, amely tartalmazza a felmérő állások illesztését, pontfelhő állományok exportálását, importálását és a BIM modell készítését.

3.7.1.2. LÉPCSŐHÁZ FELMÉRÉSE

A lépcsőház felmérése esetén az összes technológia tesztelésre került. A lézerszkennernek csupán 2db állásra volt szüksége a szinti lépcsőház felméréshez, így a felmérési idő összesen 14 perc volt és fekete-fehér pontfelhő állomány készült. A felmérési eljárások előnyei és hátrányai ez előzőekhez hasonlóak voltak, kivéve a sztereo-fotogrammetria esetén. Annak pontossága a lépcsőház tekintetében közelített a tökéletes eredményhez (ahogy a 11. ábra is mutatja). Az egyetlen probléma az utófeldolgozási idővel volt, ahogy a 11. táblázatban látható a sztereo-fotogrammetria esetén 1997 perc kellett a pontfelhő, majd a 3D modell előállításához. Ez kiugró eredmény a többi eljáráshoz képest, mivel a relatív idő tényező 95,29% volt a fotogrammetria esetén. Fontos megemlíteni, hogy ez esetben az utófeldolgozás nem igényel emberi jelenlétet, csupán gépi számítások lefuttatását, ezáltal a vonatkozó időtényező fenntartásokkal kezelendő.

11. táblázat A felmérési és utófeldolgozási idők és a relatív értékek kiszámítása a lépcsőház felmérés esetén

		Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
Felmérési és utófeldolgozási idő					
Lépcsőház	Felmérési idő	10 perc	14 perc	8 perc	20 perc
	Utófeld. idő	20 perc	35 perc	1 997 perc	0 perc
	Σ	30 perc	49 perc	2 005 perc	20 perc
	Relatív idő tényező	1,43%	2,33%	95,29%	0,95%

3.7.1.3. HOMLOKZAT FELMÉRÉSE

A homlokzat esetén a helyszíni modellezés és a hagyományos felmérési módszertan tesztelése során csupán egy szint került felmérésre és az eredmények felmásolásával számítottam ki a vonatkozó értékeket. A másik két technológiával azonban a teljes homlokzatot felmértem, viszont ahogy a 12. táblázatban is látható az utófeldolgozási időben releváns eltérések tapasztalhatók. A TLS esetén 35 perc, míg a sztereo-fotogrammetria vonatkozásában 3512 percre volt szükség (a 3.7.1.2 fejezetben leírt megjegyzéssel összhangban értelmezendő).

12. táblázat A felmérési és utófeldolgozási idők és a relatív értékek kiszámítása a homlokzati felmérés esetén

		Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
Felmérési és utófeldolgozási idő					
Homlokzat	Felmérési idő	34 perc	26 perc	14 perc	315 perc
	Utófeld. idő	251 perc	35 perc	3 512 perc	-
	Σ	285 perc	61 perc	3 526 perc	315 perc
	Relatív időtényező	6,64%	3,87%	82,15%	7,34%

3.7.2. FELMÉRÉSI HATÉKONYSÁGI INDEX (SE_I) KISZÁMÍTÁSA A KÜLÖNBÖZŐ ÉPÜLETRÉSZEK ESETÉN

A felmérési eredmények összesítése használható alapot biztosít az optimalizáció során. Jelentős eltérések tapasztalhatók a különböző technológiák között, ami alátámasztja az hatékonyságbeli különbségek kiszámíthatóságának lehetőségét. A csatolmányok között található 26. táblázat és 27. táblázat további információkat tartalmaz a generált állományok pontosságára vonatkozóan.

3.7.2.1. SE_I – LAKÁS BELSŐ TEREK

A 13. táblázatban láthatók a lakások belső tereihez tartozó relatív kritérium értékek, melyek a 3.6.1, 3.6.1 fejezetekben bemutatott módszerrel kerültek kiszámításra. Mivel a belső terek esetén mind a 4 technológia tesztelésre került, ezért az SE_I számítás során többszöri kalkulációra van szükség a tényleges különbségek meghatározásához.

13. táblázat A fő kritériumokhoz tartozó relatív értékek meghatározása lakás belső terek esetén

1st	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
Lakás belső terek	17,615%	39,083%	32,752%	10,550%
Relatív szükséges képzettség				
Szint	20%	30%	20%	30%
Relatív költségek				
Beszerezés	0,234%	93,677%	3,747%	2,342%
Bérlés	2,703%	54,054%	37,838%	5,405%
Pontosság				
Lakás belső terek	70%	100%	30%	95%

A következő számítások a beszerzési szituációt hivatottak ábrázolni, viszont a bérlés, vagy az eszközök meglétére lentebb a 28. táblázat, 29. táblázat, 31. táblázat, 32. táblázat, 33. táblázat tartalmazza a számításra vonatkozó információkat. Az eszközök rendelkezésre állása esetén a számítási formula részben módosult, mivel a költség tényezőt (C) 0 súlyozási értékkel kell számítani. Az eszközök bekerülési költsége nem releváns azok megléte esetén, viszont speciális esetben, amennyiben a vállalatok saját óradíjat szeretnének alkalmazni az eszközökre, így az természetesen beépíthető ebben az esetben is.

Az eszközbeszerzés esetén az első számítás során a már bemutatott SE_i képlet segítségével mind a 4 technológia összehasonlítását elvégeztem. Ahogy a 14. táblázatban is látható az első kalkulációban a TLS rendelkezett a legkisebb hatékonysági indexel (-62,76) így az a következő számítás során nem került figyelembevételre.

14. táblázat Az első SE_i kalkuláció a lakás belső terek felmérése esetén beszerzéssel számolva

1.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Beszerzés	Beszerzés	Beszerzés	Beszerzés
Lakás belső terek (SE_i)	32,15	-62,76	-26,50	52,11

15. táblázat A második SE_i kalkuláció a lakás belső terek felmérése esetén beszerzéssel számolva a TLS módszertant kihagyva

2.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
Lakás belső terek	28,916%	0	53,765%	17,319%
Relatív szükséges képzettség				
Szint	29%	0	29%	43%
Relatív költségek				
Beszerzés	3,704%	0	59,259%	37,037%
Pontosság				
Lakás belső terek	70%	0	30%	95%

2.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Beszerzés	Beszerzés	Beszerzés	Beszerzés
Lakás belső terek (SE_i)	8,81	0,00	-111,60	-2,21

A második és harmadik számítást a 15. táblázat és 16. táblázat tartalmazza. A második számítás esetén a TLS kihagyásra került és eredményként a fotogrammetria kapta a legkisebb értéket (-111,60), így a következő számításból az került kihagyásra. Fontos megjegyezni, hogy ha

valamely technológiát szükséges a következő számításból kivenni, akkor az összes relatív érték átszámítását is el kell végezni, ezáltal biztosítható, hogy a kiugró értékek nem torzítják a végeredményt. Ez alapján pontosabb és jobban összehasonlítható végeredményt kapunk 2 technikára vetítve.

A harmadik számítás esetén a kiválasztási módszertan megváltozik, mivel itt nem a leggyengébb technológiát, hanem a legmagasabb SE_i értékkel rendelkezőt keressük. Ahogy a 16. táblázatban is látható a hagyományos felmérési technológia kapta a magasabb hatékonysági értéket ez alapján kijelenthető, hogy panelépület esetén belső terek felmérésére eszköz beszerzés esetén a hagyományos felmérési technológia még mindig a leghatékonyabb megoldásnak számít az idő, költség, szükséges képzettség és pontosság tekintetében.

16. táblázat A harmadik SE_i kalkuláció a lakás belső terek felmérése esetén beszerzéssel számolva a TLS és a fotogrammetria módszertant kihagyva

3.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
Relatív idő				
Lakás belső terek	62,541%	0	0	37,459%
Relatív szükséges képzettség				
Szint	40%	0	0	60%
Relatív költségek				
Beszerzés	9,091%	0	0	90,909%
Pontosság				
Lakás belső terek	70%	0	0	95%

3.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Beszerzés	Beszerzés	Beszerzés	Beszerzés
Lakás belső terek (SE_i)	-41,63	0,00	0,00	-93,37

Azonban, ahogy a 28. táblázat, 29. táblázat, 30. táblázat mutatja eszközök rendelkezésre állása esetén a helyszíni modellezés (MoS) technológia magasabb hatékonyságúnak számít. A hagyományos technológia csupán az eszközök bekerülési és bérleti költségei miatt tudott a másik két esetben hatékonyabb megoldásként megjelenni és amennyiben a pontosság nagyobb relevanciával bír a felmérésünk során, úgy hatékonysága megkérdőjelezhető.

3.7.2.2. SE_i – LÉPCSŐHÁZ FELMÉRÉS

A lépcsőház felmérések során mindegyik technológia használható végeredményt adott. A hagyományos és a helyszíni modellezési technológiák számítottak ebben az esetben is

leghatékonyabb módszertanoknak (34. táblázat, 35. táblázat, 36. táblázat). A felmérési idejük nagyságrendileg megegyezett a lézerszkenneléssel, viszont a szkennerek ára és az utófeldolgozási idő miatt csökkent a hatékonysági index értéke.

3.7.2.3. SE_I – HOMLOKZATOK FELMÉRÉSE

Az előző módszerhez hasonlóan kerültek kiszámításra a hatékonysági indexek a homlokzatfelmérés esetén is. A 17. táblázat, 37. táblázat, 38. táblázat, és 39. táblázat, tartalmazza az SE_i számítások végeredményeit.

17. táblázat A hatékonyság számítás során felhasznált relatív értékek

	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
Relatív idő				
Homlokzat	6,640	3,868	82,153	7,339
Relatív szükséges képzettség				
Szint	20	30	20	30
Relatív költségek				
Beszerezés	0,240	93,776	3,747	2,342
Bérlés	2,703	54,054	37,838	5,405
Pontosság				
Homlokzat	78	90	98	78

Az alkalmazott eszközök költsége minden esetben nagy mértékben befolyásolta a végeredményeket. Eszköz beszerzés esetén a hagyományos felmérés bizonyult a leghatékonyabb technológiának, mivel a szükséges eszközök beszerzési költsége elenyésző a többi technológiához képest. Azonban a rendelkezésre állás esetén a TLS technológia bizonyult a leghatékonyabb megoldásnak. A sztereo-fotogrammetria az utófeldolgozási idő tekintetében jelentős mértékben eltér a többi technológiától (a 3.7.1.2 fejezetben leírt megjegyzéssel összhangban értelmezendő), ezért hátrányba került azokkal szemben. Azonban mivel UAV is alkalmazásra került, ezáltal a földi szkennelés során nem látható részek felmérését is el tudtam végezni, hiszen az UAV segítségével képes voltam közel merőlegesen végigfotózni a teljes homlokzatot. Az egyetlen hátránya a TLS technológiának a sztereo-fotogrammetriával szemben a talajhoz kötött pozíció. Ezt felismerve a fejlesztők és kutatók már pilóta nélküli légitáncokra szerelhető lézerszkennerek fejlesztését, gyártását és tesztelését is megkezdték [60], [61]. Sajnos a kutatás keretein belül nem volt lehetőségem ilyen típusú UAV bevonására.

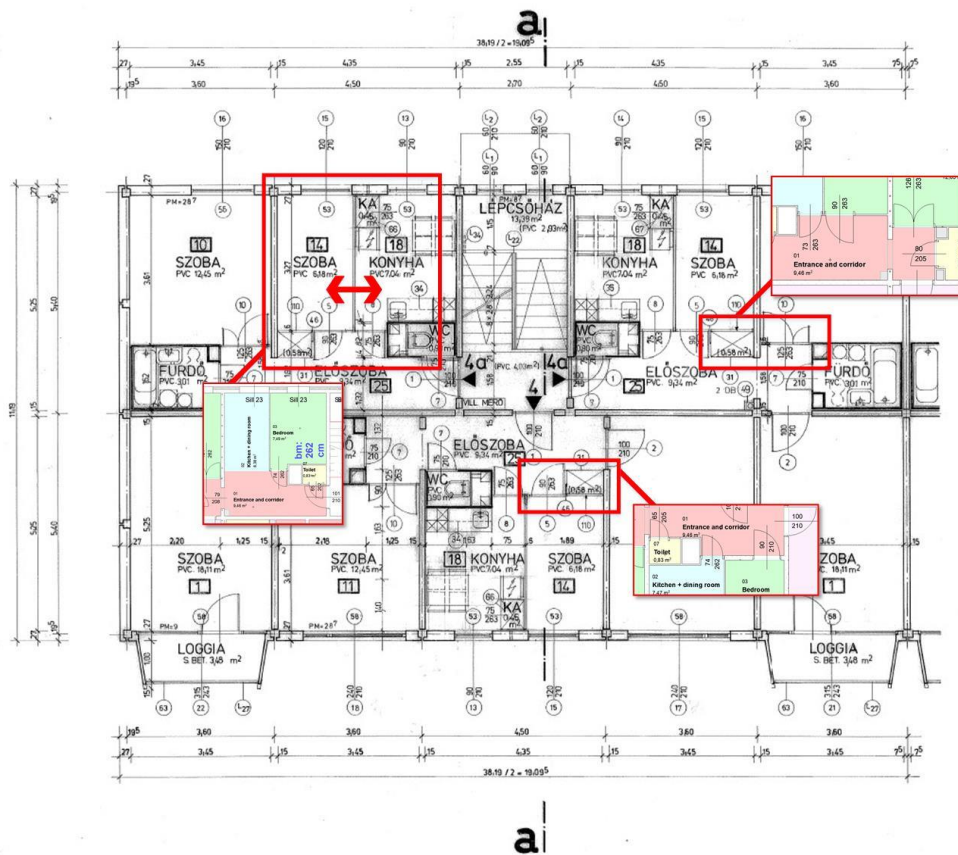
3.8. KITEKINTÉS ÉS TOVÁBBI GONDOLATOK

Ahogy a bevezetésben is kifejtettem a panelépületek nagy száma és azok felújításának szükségessége indukálta a jelen kutatási szakasz elvégzését. A 3.3 fejezetben bemutatásra kerültek a felmérés azon eszközei, melyek manapság egyszerűen elérhetők, szakmában elterjedtek és megfelelő minőségű felmérés készíthető általuk. Természetesen a technológiák fejlődésével az eszközök hatékonysága nőhet, vagy a fejlesztéseknek köszönhetően új

lehetőségek jelenhetnek meg a piacon. Az eszközök esetében akár UAV-re szerelt lézerszkennelőrrel, vagy Lidar alkalmazásával is készíthetünk felmérést, míg a szoftveres háttér is változatos lehet (pl.: Autodesk Revit[62], Orthograph [63], stb.) a felmérési és BIM modell felhasználási céljának megfelelően. Jelen kutatási szakasz célja egy olyan módszertan kidolgozása és bemutatása volt, mely lehetővé teszi a különböző felmérési technológiák és eszközök összehasonlítását. Az alkalmazott technológiák a tanulmányban csupán egy épületen és annak különböző részein kerültek tesztelésre, de a számított eredmények megfelelő kiindulási alapot szolgáltathatnak más panelépületek felmérése esetén egyaránt. Más típusú épületek esetén eltérő eredményeket kaphatunk, mivel azok formai kialakítása nem egyezik meg a panelépületekével, hiszen azok többsége hasáb befoglaló formával, egyszerűsített belső terekkel és sík felületekkel rendelkezik. A különböző méretű és kialakítású épületek és területek felmérése során akár a sztereo-fotogrammetria alkalmazása is jó eredménnyel szolgálhat, ahogy ez a 4. fejezetben is kifejtésre került. Minden esetben szükséges megvizsgálni a kívánt végeredményt. Például műemléki épület homlokzati ornamentikájának felmérése esetén a milliméter pontos felmérés is szükséges lehet, míg város léptékű felmérések esetén a 10-20cm-es pontosság is elfogadható.

Az eredmények értelmezése és felhasználása során szükséges a felmérés céljának pontos definiálása. Ahogy a homlokzatfelmérésnél is megmutatkozik a hagyományos felmérés hatékonynak bizonyult, pedig annak pontossága megkérdőjelezhető volt. Ezzel szemben a sztereo-fotogrammetria segítségével képesek vagyunk a magasan elhelyezkedő és rejtett részek (teras, tető, stb.) felmérését is elvégezni, amely szignifikáns előnyként értelmezhető. Ez alapján meghatározható, hogy nagy jelentőséggel bír a súlyozás, viszont szükség lehet egyéb korlátozó tényezőkre is. Például, ha a pontosság fontos számunkra, abban az esetben annak százalékos értékét akár limitálhatjuk, így biztosítva a megfelelő technológia kiválasztását. Szemléltetésül homlokzatfelmérés esetén minimum 90%-os pontosság elérése esetén a hagyományos és az MoS technológiák már a vizsgálat elején kiesnek az összehasonlítani kívánt technológiák sorából. A meghatározott logikai képlet szabadon alakítható, csupán annak elviségét és módszertani háttérét szükséges szigorúan figyelembe venni az alkalmazása során.

Ahogy a korábbi fejezetekben kifejtésre került, az alkalmazott technológiák tesztelése során csupán egy szintnyi belső épületrész került felmérésre. Ez elegendő volt a teszteléshez, viszont valós projekt esetén a teljes épület felmérése indokolt lehet. Ahogy a 12. ábra bemutatja a vizsgált épület esetén három fő eltérés (funkcióváltás, fal elbontás, nyílás pozíció) is tapasztalható volt a számos kisebb eltérés (pl.: nyílás méretek) mellett az épület meglévő terveihez képest. Az ábrán piros színnel kereteztem az eltéréseket és piros kétirányú nyíllal jelöltem a funkcióváltás pozícióját.



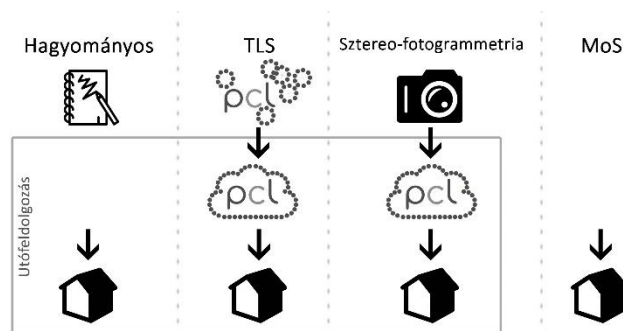
12. ábra Felfedezett eltérések a meglévő tervek és a felmérésből generált BIM modell között

Az összehasonlító elemzések során BIM modellek készültek. Ahogy a 3.2 fejezetben említettem LOD 200-as részletességű modelleket építtem, mivel a befoglaló geometriák pontos leképezése volt csupán a cél. Jövőbeni kutatások részeként érdemes lenne vizsgálni a modell részletességeket és a felmérési technológiák viszonyát. Hiszen nem minden eljárás képes magasabb geometriai vagy információtartalmi részletességet előállítani és amennyiben ez elvárás, úgy a hatékonysági értékek is ennek függvényében változhatnak. Felújítások során a geometriából származtatható mennyiségek lényegi információk lehetnek, míg egy üzemeltetési modell célú felhasználás esetén az információtartalom (garanciák, azonosítási rendszerek, méretek, stb.) markánsabban jelenik meg a követelmények között. A digitalizáció jelenlegi szintjén a BIM módszertanok képesek támogatni és fejleszteni az építőipari folyamatok hatékonyságát.

A vizsgált négy fő kritérium meghatározását építészek végezték az AHP módszertan segítségével. A vizsgálat paraméterek nagy hatással vannak a hatékonysági index értékekre. Ezek a kritériumok egyedi igények esetén tovább bővíthetők és a felvázolt logikai kapcsolatok a bemutatott módon egyedileg módosíthatók. A képlet használata során súlyozások is alkalmazhatók a felmerülő igények alapján (pl.: a pontosság fontosabb, mint a felméréssel töltött idő). Az AHP számítási módszer megfelelő támogatást nyújthat a kritériumok súlyozáskialakítása tekintetében. A négy felmérési technológia tesztelése esetén szükséges

három számítási metódus elvégzése tovább fejleszthető és a jövőben olyan algoritmusok készíthetők, melyek képesek a technológiák szűrésére és a vizsgálati kritériumok alapján történő kiválasztásra. Amennyiben nagyobb adathalmaz áll rendelkezésre különböző technológiák eltérő szituációkban való alkalmazására, úgy akár szoftveres felület fejlesztése is indokolt lehet, mivel jól azonosítható logikai lépések mentén leképezhetők a számítások.

Ahogy a 3.7.1.1 fejeztben is bemutattam a sztereo-fotogrammetria jelenlegi fejlettségi szintjén nem tudja biztosítani a megfelelő geometriai leképzést szűk belső terek esetén. A problémát a homogén falak és a kevés természetes fény csak fokozta. Azonban nem kizárt, hogy a jövőben a technológia fejlődésével ezek a problémák megoldódnak, így a belső terekben is hatékonyabb és pontosabb felmérések végezhetőek csupán fotózás révén. A hagyományos felmérési eljárások egyszerűsége és kis eszközigénye révén még mindig hatékony megoldásnak számítanak, viszont pontossága megkérdőjelezhető. A kutatás folyamán sok esetben hiányoztak méretek a manuálékról és a modellek készítésekor eltéréseket is tapasztaltam a méretezések pontatlanságából adódóan. A sztereo-fotogrammetria, TLS és MoS technológiák nagy előnye, hogy több vizuális információt gyűjtenek a felmérés alatt, ezáltal nincs szükség az újbóli helyszíni kiszállásra, hanem az összegyűjtött adatok alapján ellenőrizhetőek az eredmények. A 13. ábra bemutatja a vizsgált technológiák módszertani lépéseit a felméréstől egészen a BIM modell készítésig. Ahogy a 13. ábra bemutatja a TLS és a sztereo-fotogrammetria alkalmazása esetén pontfelhő generálása is szükséges, míg a hagyományos felmérés esetén a manuálék alapján megépíthető a modell. A helyszíni modellezés hatékonysága a kihagyott lépésekben rejlik, hiszen így már a helyszínen, azonnal BIM modell készíthető. Természetesen mérlegelni szükséges a terek, formák összetettségét, viszont panelépületek vonatkozásában az egyszerű „hasáb” terek és térkapcsolatok gyors modellezési folyamatot tesznek lehetővé.



13. ábra A felmérési folyamatok módszertani lépései

3.9. KÖVETKEZTETÉS

Jelen kutatási szakasz megoldást kínál az épületfelmérési eljárások összehasonlítására a hatékonysági index (SEi) segítségével. Természetesen különböző épületek esetén más és más formák és geometriák felmérése lehet szükséges, viszont panelépületek tekintetében azok rendszere egy egységes, egyszerű formavilágot képvisel. A kutatás elsősorban a magyarországi panelépületekre vonatkozóan fogalmaz meg alapvetéseket és iránymutatást, viszont a

bemutatott módszertan akár nemzetközileg is alkalmazható lehet a hasonló típusú és karakterű épületek esetén.

Végeredményként a lakás belső tereinek felmérésére jelenleg a hagyományos és a helyszíni modellezés technológiája a legoptimálisabb választás. Homlokzatok felmérése esetén a földi lézerszkennelés és a hagyományos felmérés nevezhető optimális megoldásnak. Azonban a hagyományos és a helyszíni modellezés technológiák esetén csupán egy szintnyi felmérési adat állt rendelkezésre az elemzés során, melyek pontossága megkérdőjelezhető a végeredmény tekintetében. A homlokzat kapcsán az eszközök rendelkezésre állása lehet a fő kiválasztási szempont, mivel az eszközök bekerülési költsége nagymértékben eltér. Lépcsőházak felmérése esetén a helyszíni modellezés tekinthető a leggyorsabb megoldásnak, viszont az eszközök bérlése vagy beszerzése esetén a hagyományos felmérés a leghatékonyabb. A bemutatott eljárások alapján támogathatók a technológia kiválasztási folyamatok, így optimalizálható a felmérésekre szánt idő és költségkeret.

Az informatika fejlődésével a jövőben valószínűleg új és hatékonyabb módszertanok fognak megjelenni. Az építményinformációs modellek használatával megalkottam az összehasonlítás lehetőségét. A kutatás során manuális modellezés módszert került alkalmazásra, viszont automatizmusok [64], [65] és a felmérési eszközök szoftveres összeköttetések kialakításával [63], [66] további hatékonyságnövekedés érhető el az épületfelmérések tekintetében. Az építészeti eljárások során alkalmazott modern technológiák és digitalizált eljárások hozzájárulnak a hatékonyabb folyamatok és rendszerek kialakításához egy magasabb szinten digitalizált környezetben.

4. SZTEREO-FOTOGRAMMETRIA ÉPÍTÉSZEI ALKALMAZÁSA

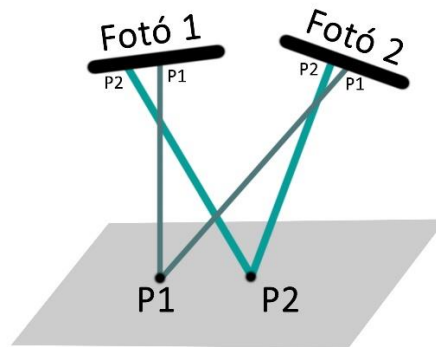
4.1. BEVEZETÉS

A fényképek minőségi fejlődése és a jó minőségű kamerák elérhetősége indukálták a fotó alapú felmérési technológia kifejlesztését, majd annak 3D modell alapú felhasználását. Az informatikai fejlettség lehetővé teszi a több ezer kalkuláció számítógépek általi automatikus elvégzését. Fontos különbséget tenni a fotogrammetria és a sztereo-fotogrammetria fogalmak között. Fotogrammetria elfogadott definíciója szabad fordításban így szól: a fotogrammetria az a technológia és tudomány, amely képek és távolsági adatok segítségével képes háromdimenziós geometriai információt leképezni egy objektumról vagy jelenetről [67]. A fotogrammetria értelmezésben tágabb fogalom, míg a sztereo-fotogrammetria sztereoszkópikus képpáron megjelenő diszkrét pontok háromdimenziós (X,Y,Z) koordinátáinak generálásával foglalkozik [50]. A képeken történő azonos pontok és pixelek detektálása révén képes térbeli pozíciót generálni. A fényképek készítése helyének felismerése vagy pontos kiszámítása szükséges ahhoz, hogy definiálhatóvá váljanak a pontok térbeli koordinátái. Ez a technológia olcsóbb megoldást kínál a földi (TLS) [68] és a légi lézerszkenneléssel (ALS) [69] szemben, ezáltal nagy piaci potenciál rejlik benne. A technológia nem újkeletű, a kezdetekben régészeti, majd térképészeti célokra alkalmazták [50], melyből nagy számú kutatás és publikáció is készült [67]–[72]. Napjainkban az épületfelmérések során való alkalmazása is fókuszba került, viszont annak felhasználás központú metódusai tisztázásra és egyszerűsítésre szorulnak. Ezért tartom fontosnak, hogy a technológiát építészeti oldalról vizsgálva feltárjam annak lehetőségeit és iránymutatást nyújtsak a fotogrammetriával újonnan ismerkedő szakemberek számára.

4.2. MÓDSZERTANOK ÉS FOLYAMATOK ÁTTEKINTÉSE

A hagyományos felmérési eljárások, ahogy az a disszertáció 3. fejezetéből is kiderült jól alkalmazható megoldásnak számítanak, viszont napjainkban a szakemberek igénye megnőtt az új és magasabb szinten digitalizált folyamatok iránt. Ezen technológiák egyike lehet a sztereo-fotogrammetria, amely eredményeként pontfelhőt, tömegmodellt, csempe modellt, több különböző nézetet (pl.: ortofotó) és mennyiségi információkat vagyunk képesek előállítani félig automatizált módokon. A technológia hatékonysága és egyszerűsége abban rejlik, hogy akár egy kézi kamera segítségével is elvégezhető a felmérés, de természetesen professzionális eszközök, mint például pilóta nélküli légi járművek [76] (Unmanned Aerial Vehicle – UAV (vagy a 2019-ben megjelenő új európai keretrendszer által használt fogalom Unmanned Aircraft – UA [77])) alkalmazásával jobb eredmények érhetők el. Minden esetben szükséges a megfelelő minőségű kamera alkalmazása, mivel a fotó minősége jelentős hatással van a végeredményre. A módszertan egyszerű, a felmérő személy fotókat készít több irányból (az utófeldolgozó szoftver javaslatai alapján) az adott objektumról, majd a fotókból kiértékelő szoftverek segítségével térbeli pontokat generál.

Ebben a kutatási szakaszban a szoftver általi kiértékelések háttérét [78]–[80] nem vizsgáltam, mivel csupán annak alkalmazása és építészeti felhasználásának elemzése volt a cél, amit a későbbiekben ismertetett esettanulmányokon keresztül készítettem el. Azonban a megfelelő használathoz nagy vonalakban szükséges megérteni a technológiai folyamatokat. A térbeli pontok leképezése (számítása) az emberi látáshoz hasonló módon történik. A 14. ábra leegyszerűsítve mutatja be a fotó alapú kiértékelés elvi vázát. Miután az 1. és a 2. fotó is elkészítésre került és annak pozicionálása megtörtént a szoftver által, a közös pixelek detektálását követően irányegyenesek segítségével kerül leképezésre a pont térbeli pozíciója. Az azonos pontokon keresztül menő egyenesek egy térbeli pontban metszik egymást és azok metszéspontja meghatározza a pont X,Y,Z koordinátáit. Ehhez fontos, hogy a fényképek pozíciója detektálható legyen és a szoftver képes legyen az azonos pixelek a fotókon történő felismerésére.



14. ábra Egyszerűsített elvi vázát a szoftver általi kalkuláció folyamatáról

4.2.1. FOTÓ KÉSZÍTÉSI SZABÁLYOK

Ez a fejezet segítséget nyújt a felmérések során alkalmazandó fotókészítési eljárásokkal kapcsolatban. Alapvetések és szabályrendszerek kerülnek bemutatásra, melyek elengedhetetlenek a megfelelő végeredmény elérése céljából.

Általában a kiértékelés során alkalmazott szoftverek kézikönyvei (pl.: [81], [82]) tartalmazzak a fotózás szabályaira vonatkozó információkat, melyek segítik a háttéralgoritmusok működését és ezáltal az utófeldolgozás folyamatát. A fotó készítési szabályrendszere függ a felmérni kívánt objektum, vagy tér formájától, pozíciójától, méretétől és felületétől. Általánosságban elmondható, hogy a fotókat minden esetben a felületre merőlegesen érdemes készíteni. Objektumok esetén azt körbejárva, több magasságból, bizonyos távolságonként az objektum felé fordulva célszerű fotózni. Belső terek esetén az ellentétes sarkok felől, minél nagyobb látószöveget befogva érdemes képeket készíteni. Objektívek és lencsék tekintetében nincsenek korlátozások a lényeg, hogy vagy a fotó adattartalmában kerüljenek mentésre a fényképezőre, lencsére, objektívre vonatkozó adatok, vagy a szoftverben szükséges azokat utólag megadni.

GPS (Global Positioning System) adatokat is képesek vagyunk a fényképekhez társítani természetesen, ha a készülékünk képes azok vételére. Léteznek olyan kamerák, melyek beépített GPS vevő egységgel rendelkeznek, de akár mobiltelefonjaink is képesek az

információ hozzáadására. Általában UAV-k alkalmazása esetén azok minden esetben társítják a GPS koordinátákat a képekhez. Ezek az információk az utófeldolgozás során segítik a szoftver általi fénykép pozicionálást, így a hozzávetőleges pozíciója könnyen kiszámítható a koordináták alapján és a további pontosítást a szoftveralgoritmusok összehasonlító elemzések alapján végzik.

A közös és közeli pontok keresése során annál jobb, minél több fénykép áll rendelkezésre, átfedésben egymással és azok átfedése eléri legalább a 60-80%-ot a kézikönyvek javaslatai szerint [81], [82]. Amennyiben ez az érték kisebb, a kiértékelés során sok esetben hibába ütközhetünk, mivel a szoftver nem képes azonosítani a közös pontokat. Az átfedések biztosítása érdekében léteznek manuális és automatizált megoldások egyaránt, ezek alkalmazhatósága a felmérés eszköztől függően változhat.

UAV alkalmazása mellett több előny is felsorakoztatható. Többek között a fényképek átfedésének automatizált módon történő biztosítása. Néhány applikáció képes [83], [84] a beállítások alapján akár manuális repülés, akár programozott repülések során is automatizált módon történő képrögzítésre az UAV valós pozíciója alapján. Ezáltal az emberi beavatkozás és az abból származó pontatlanságok vagy hiányosságok kiküszöbölhetők. Ezen felül a pilóta nélküli légitársaságok egyik nagy előnye a magasan lévő, vagy nehezen elérhető területek megközelítésében rejlik. Míg a kézi kamerák esetén egy homlokzat felmérését a földfelszínről, vagy speciális esetben a szomszédos épületekről tudunk elvégezni, addig az UAV-k képesek felrepülni és a vizsgálandó területet közelről felmérni. Ez a későbbi kiértékelést is támogatja, mivel a magasan lévő épületrészekről is képesek vagyunk merőleges irányultságú fotókat készíteni.

Célszerű szem előtt tartani, hogy a fényképek minősége, élessége és felbontása hatással vannak a végeredményre. Természetesen a nagyobb felbontású képek jobb felmérést eredményezhetnek (bár sok esetben felesleges egy bizonyos képminőség fölé menni), ezen felül a szoftver beállításai is markánsan befolyásolhatják a számított geometria pontosságát. Minden esetben javasolt a kiválasztott utófeldolgozó szoftver kézikönyvében javasolt beállítások és módszertanok alkalmazása, majd beépítése a felmérés folyamatába.

4.2.2. A FELMÉRÉST MEGELŐZŐ ÉS KÖVETŐ FOLYAMATOK

A felmérést minden esetben a módszertanok és a felmérési (repülési) útvonalak megtervezésével kell kezdeni. Szükséges az adattárolás módjának megtervezése is, mivel jelentős méretű adat generálódhat a felmérés során. Ezen felül már az elején érdemes ismerni az utófeldolgozás módját, mivel az alkalmazott szabályrendszerek függhetnek a szoftveres lehetőségektől.

A felmérés megtervezése sikeresség szempontjából az egyik legmeghatározóbb tényező, hiszen fontos, hogy a képek strukturált rendszerben készüljenek. Általában elmondható, hogy a legjobb megoldás, ha a képeket nem ad-hoc módon, hanem egymást követő pozícióban készítjük, ezáltal a szoftver pontosabban képes az egymással átfedésben lévő képek

felismerésére. UAV alkalmazása esetén kritikus lehet a rendelkezésre álló akkumulátor üzemidő, mivel a jelenleg elérhető eszközök többsége körülbelül 30 perces repülési idővel rendelkezik [85]. Nagy területek felmérése esetén ez az idő kevés lehet ahhoz, hogy egy töltéssel elvégezzük a felmérést, ezáltal a repülési útvonalak, felméréndő területek és ezek kombinációjából adódó optimális útvonaltervezés fontos szempont. A felmérések során van lehetőség úgynevezett „targetek” (kiegészítő eszközök) alkalmazására is, melyek, mint referencia pontok használhatók az utófeldolgozás során. Többször probléma a generált pontfelhő állományok arányossági eltérése a valóságtól. Ilyen esetekben érdemes referencia pontokat kijelölni, melyek távolságát és pozícióját a helyszínen hagyományos módszerekkel felmérjük. A targetek alkalmazása segíti a szoftverek munkáját is, hiszen léteznek olyan szimbólumok, amiket a szoftverek képesek automatikusan detektálni, ezáltal pontosabban megtalálni a képeken lévő közös referenciapontokat [86].

A felmérések biztonsági tervezése pilóta nélküli légi járművekkel végzett repülések esetén elengedhetetlen. Az UAV repülő tárgynak minősül, amely applikációk és szoftverek segítségével irányítható. Sajnálatos módon az informatikai rendszerekben bármikor bekövetkezhetnek hibák, akár a szenzorok meghibásodásából, akár időjárási viszonyokból fakadóan és ezekre felkészültnek kell lennünk. Ezért a biztonsági tényezők figyelembevétele elengedhetetlen. Bár a hazai szabályozás jelenleg változóban van a 2019-ben megjelenő új Európai keretrendszer alapján [87], azonban jelenleg a repülés csak felelősségbiztos meglétével és eseti légtér kérelem elfogadása mellett engedélyezett. Bizonyos területek esetén az eseti légtérkérelem része a felelős légtér felügyelet által kiadott hozzájáruló nyilatkozat, biztonsági felmérés és a HungaroControl Zrt. Eseti légtér kérelem jóváhagyása. Az engedélyeztetés időigényes folyamat, hiszen a kérelmek elbírálása akár 30 nap időtartam is lehet, viszont az igényelt légtér maximálisan 30 napig foglalható. A repülés megkezdése előtt aktiválni szükséges a légtér, ami ugyancsak a biztonságot szolgálja, mivel ad-hoc jellegű (pl.: mentőhelikopter) berepülés is előfordulhat, ami nagy magasságú repülés esetén balesetveszélyes. Az aktuális repülési szabályozások iránti tájékozódás során a Legter.hu [88] megfelelő információval szolgálhat.

Az utófeldolgozás során célszerű már időben kiválasztani az alkalmazni kívánt szoftvert és beállításokat. A felmérés megkezdése előtt javasolt azokat kisebb állományokon tesztelni, mivel a szoftverek általi számítások az állományok méretétől függően napokig is eltarthatnak.

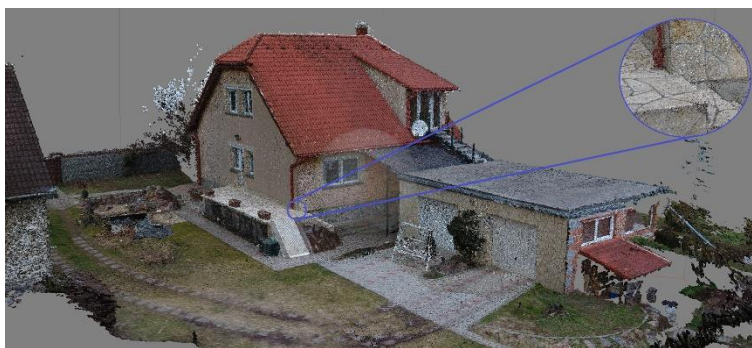
4.3. ESETTANULMÁNYOK

Az esettanulmányok készítése során egy DJI Phantom 4 UAV és Apple Ipad 6 tablet (kontroller) kerültek alkalmazásra. (Specifikációk a következő hivatkozásokon pontosan megtalálhatók: [85], [89].) A használt szoftverek és applikációk eltérőek voltak, viszont azok leírása megjelenik az egyes eseteknél. Az esettanulmányokon keresztül kívánom bemutatni a technológia korlátait, lehetséges alkalmazási területeit és előnyeit a geometriai felmérések tekintetében, mint egy útmutatót kínálva ezzel a szakma számára.

4.3.1. ÉPÜLETEK (CSALÁDI HÁZ, SORHÁZ, PANELÉPÜLET) HOMLOKZATI FELMÉRÉSE

Applikáció: DJI GO 4; Felmérő eszköz: DJI Phantom 4; Feldolgozó szoftver: Agisoft PhotoScan.

A családi ház Magyarországon egy Tolna megyei kisvárosban található. A környezet repülés szempontjából akadálymentesnek tekinthető, viszont az épület mellett található forgalmas főút biztonsági tervezés szempontjából releváns. A felmérés során ebből kifolyólag csupán egy részét mértem fel az épületnek, így elkerülve a veszélyes szituációk kialakulásának lehetőségét. A repülés közben szeles időjárás volt, melynek köszönhetően a terasz felőli felmérés esetén folyamatos koordinálásra volt szükség, mivel az erős légmozgás zavarta az UAV pozicionálását. A felmérési végeredmény pontosnak tekinthető (1-1,5cm), melyek ellenőrző mérések segítségével kerültek validálásra. Ahogy a 15. ábra is bemutatja, végeredményként színes pontfelhő került legenerálásra, amely támogatja az állomány további felhasználását (pl.: BIM modell készítését). A felmérés során 89 fotó készült és a felmérési idő csupán 15 perc volt. Az utófeldolgozás hosszabb ideig tartott, 2,5 óra időtartam alatt sikerült a sűrű pontfelhő előállítás.



15. ábra A felmért családi házról generált pontfelhő állomány

A második esettanulmány egy sorház felmérése volt, ahol a környezet kevésbé volt akadálymentes. Sűrű beépítés és növényzet jellemezte a felmérési helyszínt. A homlokzathoz viszonylag közel egy fa volt található, ami a repülést megnehezítette. Az irányítást segítő érzékelő szenzorok kikapcsolására volt szükség és precíziós kézi irányítás mellett volt elvégezhető a felmérés. Az épületnek egy lakáshoz tartozó, egy homlokzatát mértem fel, mely összesen 10 percet vett igénybe. A felmérés során vizsgáltam a videóval való képrögzítés lehetőségét is, hiszen egy videóban akár 30 képkocka is rögzíthető egy másodperc alatt, míg az UAV automatikus fotózásával maximum 2 másodpercenként volt készíthető egy kép. Ahogy a 16. ábra bemutatja a felmérés ugyancsak megfelelő eredményt adott és még a tetőcserép hullámai is jól kivehető módon számíthatódtak a sűrű pontfelhőben.



16. ábra A GPS információkat tartalmazó képek alapján előállított pontfelhő részlet a felmért sorháztól

A 17. ábra mutatja, a videóból exportált képek alapján történő kiértékelést. Látható módon kissé zavarosabb és nem olyan pontos pontfelhő készült, mint a fényképek alapján, viszont a végeredmény használhatónak tekinthető. A videóból kinyert képek nem tartalmaztak GPS információt, ezáltal szoftveres illesztése nehezkesebb és sok esetben elmosódott képek is kimentésre kerültek, mivel a videó nem minden képkockája kínál teljesen éles fotót. Videófelvételek alkalmazása esetén célszerű a fényképek szortírozása az utófeldolgozás megkezdése előtt, ezzel csökkentve a számítási időt és kizárva hibás információk általi elemzést. Ezen felül célszerű az UAV gimbal beállításait is felülvizsgálni, ezáltal minél folytonosabb és elmosódás mentes végeredményt elérve.



17. ábra A videóból exportált képek alapján előállított pontfelhő részlet a felmért sorháztól

Ahogy a 3. fejeztben bemutattam a vizsgált panelépület homlokzatát az e fejeztben bemutatott technológiával is felmértem. A felmérés során 238 fotót készítettem 4000x3000 pixeles felbontással és 80%-os képátfedéssel. Ahogy a 18. ábra bemutatja a felmérés végeredményeként előállított sűrű pontfelhő pontosan követi az épület geometriáját és nagy részletességű állományt sikerült végeredményként generálni. Az utófeldolgozási idő hosszú (1997 perc), viszont a helyszínen felméréssel töltött idő csupán 8 perc volt. A végleges állomány kb. 115 millió pontot tartalmazott, így annak ritkítása az utófeldolgozás során szükségesszerű lehet, hiszen a modellező szoftverek sok esetben nem képesek ilyen méretű

állományok kezelésére. A homlokzat elemei hiánytalanul látszanak, a repülésnek köszönhetően nincsenek kitakart részek.



18. ábra Panelépület homlokzati felmérése során fotókból generált pontfelhő állomány

4.3.2. ELHAGYOTT PIAC ÉPÜLET FELMÉRÉSE

Applikáció: DJI GO 4; Felmérő eszköz: DJI Phantom 4; Feldolgozó szoftver: 3DF Zephyr.

Ez volt az első alkalom, hogy beltérben UAV-val repültem, ezáltal speciális felmérésnek számított. A csarnok belső tere tágas volt, viszont mégis limitált és néhol belógó objektumokkal tűzdelt. A GPS jel hiánya az UAV pozicionálását nehezítette, míg a kevés beszűrődő természetes fény és a por a felmérés eredményességét veszélyeztette. Fontos megjegyezni, hogy a repülést segítő biztonsági funkciók (hazatérés a kiindulási pontra) beállításait beltéri repülés esetén felülvizsgálni szükséges. Általában jelvesztés esetén nagy magasságban való hazatérést érdemes beállítani a környezeti elemek ütközésének elkerülése érdekében, viszont beltérben az automatikus visszatérési magasságot szükséges volt a mennyezet alá csökkenteni, hiszen az alkalmazott UAV felső szenzorokkal nem rendelkezett. Ahogy a 19. ábra is mutatja a falak grafity rajzokkal voltak díszítve, amelyek segítették a szoftver általi illesztőpontok megtalálását és csökkentették a felületek homogenitását.



19. ábra Belső térben való UAV repülés a falgeometriák felmérése céljából

Az épületről belső és külső felmérés is készült. A felmérés során a homlokzat és a beltéri felületek is körülbelül merőleges pozícióban kerültek lefotózásra, a minél pontosabb végeredmény érdekében. Az épület kb. 220m hosszúságú volt, melynek felméréséhez nem rendelkeztem elegendő akkumulátor kapacitással, így a felmérés tervezése során az a döntés született, hogy csupán az épület 1/3-át mérem fel. A felmérés a tervezéssel együtt 2 órát vett igénybe összesen és 725 képet készítettem. A sűrű pontfelhő összesen 10 millió pontot tartalmazott, ezáltal jelentős méretű állomány generálódott. A 20. ábra tartalmazza a generált pontfelhő külső képét, amelyen a homlokzat felmérés során készített képek pozíciója is megfigyelhető. Ezen felül az ábrán látható metszeti kép szemlélteti a felmérés pontosságát és felhasználhatóságát, hiszen a pontos gerenda geometriát sikerült a pontfelhő állományban rögzíteni. A 20. ábra jobb oldali képe egy pillér felmérési eredményét szemlélteti, ahol teszteltem a felmérés pontosságát a szerkezeti hibák detektálása szempontjából. Végeredményként a generált pontfelhő belső és külső része komolyabb torzulásoktól mentes és megfelelően illeszthető volt. A felmérés 2-3 cm pontosságú pontfelhő állományt eredményezett. A felmérés célja az épület állapotfelmérése volt, mely a geometriák és a vizuális adatok rögzítésével jól támogatható folyamatot eredményezett. Jövőben kutatásként előirányozható a vizsgált épület vonatkozásában, az egyéb diagnosztikai eszközök (radar, roncsolásos betonvizsgálatok, stb.) által mért adatok összefésülése és egy adathalmazban való felhasználási lehetőségeinek vizsgálata.



20. ábra Pontfelhő állományról készített külső, metszeti és részlet nézetek

4.3.3. TERÜLETFELMÉRÉS

Applikáció: Litchi for DJI Drones; Felmérő eszköz: DJI Phantom 4; Feldolgozó szoftver: Agisoft Photoscan.

A felmérést a Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai kar építész kurzusán megjelenő igény indukálta. A kurzus keretén belül építész hallgatók az általam felmért területet kapták tervezési helyszínül, így annak 3D geometriája nagy segítséget nyújtott számukra a tervezés során. A tervezési terület nagy volt (kb. 46.000m²), melyen sűrű növényzet és régi téglagyár épületek voltak találhatóak. Litchi applikációt használtam az adatgyűjtéshez, mivel ebben az esetben az automatikus repülés tűnt a leghatékonyabb módszernek. A repülés lefolytatásához az applikációban előre elkészítettem a repülési tervet, ahol 100m-es repülési

magasságot és 80 %-os képátfedést állítottam be. Az applikáció a kiválasztott területre automatikusan legenerálta a repülési útvonalat és a fényképezési pontokat. A 21. ábra bemutatja a szoftver által tervezett repülési útvonal egy részét és a már elkészített fotók alkalmazáson belüli megjelenését. A szoftver ezen felül számolt a repülési idővel is, így az akkumulátor cserék időzíthetők voltak.



21. ábra Képernyőmentés a tervezett és elvégzett repülésről Litchi applikációban

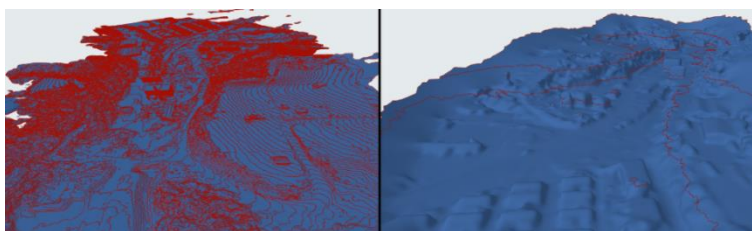
A sűrű növényzet miatt a generált pontfelhőt tisztítani kellett, mivel cél volt a földfelszín modell alapú megjelenítése. Ezt a folyamatot az ingyenesen elérhető CloudCompare nevű szoftver egy beépülő moduljával értem el, amely különböző szűrések alapján képes tisztítani a vegetációt. Az úgynevezett Cloth Simulation Filter (CSF) alkalmazása során lehetőségem volt egyszerű, vagy haladó beállításokat is alkalmazni. Az egyszerű megoldást választottam, mivel azzal is a célnak megfelelő eredményt értem el. Csupán a terület típusát volt szükséges meghatározni (meredek lejtő, domborzat, síkság), majd az algoritmus kiszámította a földfelszín domborzatát [90]. A megoldás eredményét a 22. ábra mutatja be.



22. ábra A területfelmérés során generált sűrű pontfelhő állomány

Fontos megjegyezni, hogy területfelmérések esetén is szükséges referencia pontok (geodéziai illesztőpontok) alkalmazása a végeredmény megfelelőségének ellenőrzése, korrigálása és biztosítása céljából. Jelen kutatás során csupán Google Earth adatok és az épületek helyszínen mért befoglaló méretei alapján ellenőriztem a geometria (első sorban hosszúsági értékek) megfelelőségét. A projekt célja egy olyan modell készítése volt, ami tartalmazza a hozzávetőleges terepviszonyokat és az használható legyen Graphisoft ArchiCAD 21 szoftverkörnyezetben. Ennek elérése érdekében modell optimalizálási folyamatokra volt szükség. A túl magas modell részletesség és a terület mérete okozta a legnagyobb problémát. A számítógépek erőforrás kapacitása véges és az ilyen léptékű pontfelhő és tömegmodell feldolgozás erős hardware-t igényel. Természetesen a felesleges részek eltávolításával

kezdtém, majd a pontfelhő ritkításával értem el a kívánt végeredményt. Ahhoz, hogy a diákok is fel tudják használni az elkészített állományokat különböző részletességű modelleket készítettem számukra. A 23. ábra szemlélteti a kétféle részletességű terepmodellt (tömegmodellt) elkészítését Agisoft Photoscan szoftverkörnyezetben. A tervező szoftverbe mindkét állomány beolvasásra került és ezen felül a pontfelhő állományok sűrű és ritkított változatai is. Így a diákok képesek voltak váltani a részletességek között és optimalizált módon használni a rendelkezésre álló információkat. Megjegyezném, hogy a terepmodell előállítására natív (Graphisoft ArchiCAD) szoftveres megoldásokat is vizsgáltam, azonban a nagy mennyiségű adatot nem sikerült kezelnie, minden esetben hibás végeredmény keletkezett.



23. ábra Magas és alacsony részletességű tömegmodellek

Az esettanulmány kiértékelése céljából készítettem egy összesítő táblázatot (18. táblázat), amely összefoglalja az esettanulmányok vonatkozó adatait, a szükséges felmérési időket és a generált pontfelhő állományok méretét.

18. táblázat Összesített adatok a felmérési esettanulmányok alapján

	Családi ház	Sorház	Panelépület homlokzat	Piac épület	Terület
Képek száma	89 db	35 (video: 61) db	238 db	725 db	823 db
Felmérési idő	15 perc	10 perc	8 perc	3 perc	4 perc
Generált pontok száma	48 491 830	10 039 465	115 593 967	10 467 782	30 071 415

Megfigyelhető néhány szignifikáns eltérés például a pontfelhő méretében, ezek csupán az utófeldolgozó szoftver eltérő beállításából adódnak, a családi ház esetén ultra sűrű pontfelhő állomány készült, mivel az épület apró részleteire is szükség volt. Azonban a területfelmérés esetén a domborzat detektálása volt a lényeg és akár 20-30cm-es pontatlanság is megfelelő végeredményhez vezetett.

4.4. KÖVETKEZTETÉS

Ahogy a kutatási eredmények is mutatják a sztereo-fotogrammetria hatékony módon használható építészeti célokra. A technológia fejlettségi szintje több esetben is bizonyította megfelelőségét. A külső homlokzat vagy területfelmérés esetén a technológia jól teljesített, viszont, ahogy az előző kutatási szakaszban (3. fejezet) is kiderült, belső felmérések esetén akadályokba ütközik. A szűk terek, homogén felületek és kevés természetes fényvel rendelkező

helyiségek felmérése során több esetben is használhatatlan végeredmény generálódott, viszont nagyobb és változó falfelülettel rendelkező belső tér (4.3.2) esetén jól teljesít.

Természetesen a technológiának vannak korlátai a pontosság és a végeredmény felhasználhatóságának tekintetében. Léteznek olyan módszertanok, amikkel tovább javítható a végeredmény, ezek többek között a képek számának növelése, GPS koordináták tárolása a fényképek leíró adatában, illesztőpontok alkalmazása, vagy a szoftverbeállítások optimalizálása. A felsorolt tényezők, minden esetben jelentős hatással vannak a felmérés eredményére, viszont némelyik opció növelheti a felmérési és utófeldolgozási időt (pl.: minél több képet kell elemeznie a szoftvernek, annál több ideig tart a kiértékelés, vagy ha magasabb pontfelhő részletességet generálunk az utófeldolgozási idő ugyancsak növekedni fog).

A jelen kutatási szakasz egy áttekintést kínál a sztereo-fotogrammetria építészeti alkalmazásának lehetőségeiről. A bemutatott esettanulmányok alapján megállapítható, hogy pilóta nélküli légitjárművek alkalmazásával megfelelő minőségű és precíz felmérési eredmények készíthetők. Ezen felül az UAV-k alkalmazásával elérhetővé válnak olyan objektum-, vagy épületrészek, melyek a földről nem vagy csak nehezen detektálhatók. Kiterjedt területek felmérésére is lehetőségünk nyílik a nagyobb magasságokban történő repülések révén. A felmérések utófeldolgozása tekintetében fontos ismerni a szoftver és hardware igényeket, mivel a több millió pontból álló pontfelhők kezelése komolyabb számítógép teljesítményt igényelhet. Léteznek felhő alapú szolgáltatások, melyekkel a számítások online elvégezethetők, ezzel tovább növelve a technológia hatékonyságát. Érdeemes célspecifikus platformok alkalmazása, mivel a legtöbb építész modellező szoftver nem optimalizált a pontfelhők feldolgozására.

Amennyire egyszerű a technológia, alkalmazása annyira tapasztalt szakértelmet kíván. Kevés szaktudással is lehet használható eredményeket generálni viszont, ha pontos vagy speciális felhasználási célú eredményre van szükségünk, akkor az kizárólag a megfelelő eszközök és szakemberek bevonásával biztosítható.

A kutatás a Nemzet Fiatal Tehetségeiért Ösztöndíj „NTP-NFTÖ-18” pályázat keretében jött létre.

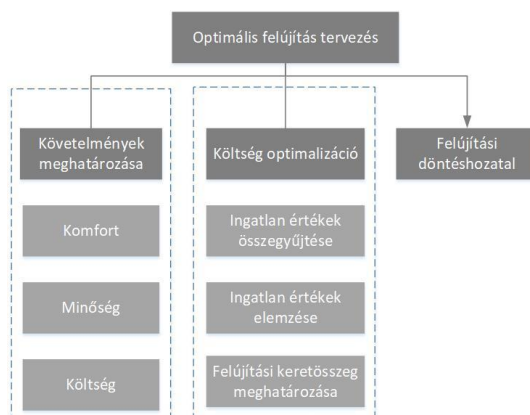


5. PANELLAKÁSOK FELÚJÍTÁS ELEMZÉSE A KÖLTSÉGEK TEKINTETÉBEN

A panellakások vizsgálata az előző fejezetekhez hasonlóan, jelen kutatási szakaszban is Pécs kertváros területére fókuszáltan készült, viszont annak eredményei és az alkalmazott kutatómódszertani megállapításai alkalmazhatók az ország bármely panellakására. Azonban a költségek régióktól függően akár markánsan eltérőek lehetnek, de a vizsgálati módszertan segítségével feltárhatók a főbb kritériumok kapcsolatrendszerei. A kutatás célja, hogy meghatározzam a felújítások során felmerülő igényeket, felújítási trendet és a költségek elemzésével megállapítsam a költségkeret megoszlását panellakás belső felújításának vonatkozásában és ez alapján támogassam a beruházó, tulajdonos, vagy bérlő döntéshozatali módszereit. A lakások felújítási potenciálja jelentős, napjainkban több vállalkozás, vállalat is alakult a lakások értékesítésére, felújítására és felújítást követő tovább értékesítésére. Mi sem bizonyíthatná jobban az ingatlanokban rejlő lehetőségeket, mint a piaci reakciók. A 2020-as évek ingatlanár emelkedése jelentős volt hazánkban, a 2015-ös adatokhoz képest 2020-ban 172.5%-os [91] növekedés volt tapasztalható.

5.1. KUTATÁSMÓDSZERTAN

A kutatás három fő részre bontható, amelyek az igények meghatározása, felújítási keretösszeg optimalizáció és döntéstámogatás. A részegységek vizsgálatával egy átfogó képet kaphatunk a panellakások értékére, helyzetére és felújítási lehetőségeire vonatkozóan. A jelenleg hatályos adatvédelmi törvény miatt [92] nyílt adatokra támaszkodva történt az adatgyűjtés, ezáltal az Ingatlan.com [93] adatait felhasználva vizsgáltam az eladási sorban lévő ingatlanokat. A lokáció, a hirdetési ár és az ingatlan állapot kerültek feltüntetésre a hirdetésekben, amikhez társított képek is tartoztak. 78db eltérő állapotbesorolású panellakás adatait gyűjtöttem össze. A 24. ábra bemutatja a kutatási szakasz főbb lépéseit, úgy mint követelménymeghatározás, költségoptimalizáció és felújítási döntéshozatal.



24. ábra A felújítás tervezés módszertani ábrája

5.1.1. KÖVETELMÉNYEK MEGHATÁROZÁSA

A követelmények meghatározása során a komfort, a felhasznált anyagok minősége és a költségek kerültek elemzésre. Ezek többsége egyéni preferenciák által definiálható érték, viszont a felújítás tervezése során elengedhetetlen a felsorolt paraméterek ismerete. A komfort kapcsolatban áll az anyagminőséggel, míg az anyagminőség kapcsolatban áll a költségekkel, ezáltal mindhárom tényező egymással szoros összefüggésben vizsgálendő. A tulajdonosok, beruházók, vagy bérlők általában tudják mit szeretnének, viszont azok kombinációjából adódó lehetőségekkel valószínűsíthetően nincsenek tisztában. A panellakások egyszerű térkapcsolatok és terek kialakításával készültek, viszont a bennük rejlő potenciál magas. A szerkezeti rendszer adott és nem javasolt a nagy mértékű módosítása, viszont a sematikus elrendezésből adódóan a belső terek kialakítása változatos lehet [94]. Az élettér kialakítása általában az igényektől és a kor felújítási és kialakítási trendjéből adódóan meghatározható. Elérhető kutatási eredmények a panelépületek energetikai [95], [96], szerkezeti [97] és komfort [98] felújítására vonatkozóan, viszont a lakótér minőségének és költségvonzati kapcsolatára nem készült kutatás. A panellakások nem csupán több emeletes épületek részegységeként értelmezhetők, egyedi értékkel és lehetőségekkel rendelkeznek. Az egyes lakásokra vetített értékmeghatározás fontos eleme a sikeres felújításnak. Minél több pénzbe kerül, annál kisebb lesz annak megtérülése akár hosszú akár rövid távon vizsgálva.

5.1.2. FELÚJÍTÁSI TREND MEGHATÁROZÁSA

A trend meghatározása a felújított ingatlanok elemzésével történt. A nyílt adatbázisból [93] lehetőségem volt összegyűjteni a szükséges információkat, melyek alapján 27db Pécs kertvárosi felújított állapotú ingatlan hirdetésének vizsgálatával megállapítottam a leggyakrabban használt burkoló anyagokat a különböző helyiségekben és ezek alapján meghatároztam a jelenleg érvényben lévő panelfelújítási trendet.

5.1.3. FELÚJÍTÁSI KÖLTSÉGEK ELEMZÉSE

A felújítási költségek kiszámítása során több tényezőt vettem figyelembe. Interjúkat készítettem értékbecslőkkel [99], [100] amelyek alapján meghatároztam a panellakások vonatkozásában releváns tényezőket. Az általuk átadott információk alapján egyértelmű, hogy a lokáció nagy hatással van az ingatlanok értékére vonatkozóan, ezzel alátámasztva a 2. fejezetben bemutatott eredményeim relevanciáját és a jelen kutatási szakaszban elvégzett lokációs érték kiszámítását (5.2 fejezet) az adott ingatlanok esetében. Az interjúk alapján a helyiségek száma, mérete és funkciója, alaprajzi kialakítása, bejárati ajtó, nyílászárók, elektromos és fűtési rendszerek, radiátorok állapota került megvizsgálásra. További kritériumok (pl.: épület szerkezeti állapot, épületbiztonsági rendszerek, épületben található egyéb funkciók) elemzésére nem került sor, mivel ezek a paraméterek épületfüggők és általánosításuk nem lehetséges, ezen felül a kutatás során a lakás belső kialakítási és felújítási lehetőségei voltak fókuszban. Egy ingatlangazdasági könyvet [101] is megvizsgáltam, mely alapján az értékbecslőkkel végzett interjú eredmények felülvizsgálata megtörtént, azonban a panellakások egyszerűségéből adódóan a meghatározott vizsgálati kritériumrendszer megfelelőnek tekinthető. A 3. fejezetben bemutatott kutatási szakasz során egy teljes szinti

panellakásállomány felmérésre került, mely adatokat felhasználva folyt a lakásbelső elemzése. A felmérés eredményeként elkészített BIM modellek szolgáltatják az anyagmennyiségi információkat. Listákat készítettem a natív szoftverben (Graphisoft ArchiCAD 21), majd azokat excel táblázatokként publikáltam. A felújítási költségek kiszámítása az igényelt árajánlatok és a magyar 2020-as költségbeadási segédlet [102] alapján történt, amely a Miniszterelnökség Építészeti és Építésügyi Államtitkárság, a Magyar Építész Kamara (MÉK) [103], a Magyar Mérnöki Kamara (MMK) [104], az Építési Vállalkozók Országos Szakszövetsége (ÉVOSZ) [105], a Budapesti Kereskedelmi és Iparkamara (BKIK) [106] és a Pest Megyei és Érd Megyei Jogú Városi Kereskedelmi és Iparkamara [107] általi közreműködéssel és elfogadással készült. A kutatás célja, hogy meghatározásra kerüljenek a felújítási költségek és azok helyiségenkénti eloszlása, így támogatva a felújítás sikerességét.

5.1.4. FELÚJÍTÁSI DÖNTÉSHOZATALI TÁMOGATÁS

Az 5. fejezet legmaghatározóbb célja a tulajdonosok, beruházók és bérlők számára nyújtandó támogatás felújítási döntéshozataluk során. Az előző fejezetekben röviden bemutatásra kerültek a főbb vizsgálati szempontok, melyek kritériumként jelennek meg az eredményes felújítástervezésben. A tényezők összesítése és az elemzési folyamatok meghatározása fontos a sikeresség szempontjából. A fő elemzési módszertant a 24. ábra tartalmazza, viszont a döntéstámogatáshoz egy összehasonlító elemzésre van szükség. A 19. táblázat bemutatja és definiálja a főbb elemzési kritériumokat, melyek ismerete a beruházás megkezdése előtt szükséges. A komfort szintek magyarországi kormányrendelet szerint szabályozottak [108], viszont az alkalmazott meghatározások csupán a méret, felszereltség, és fűtési rendszer vizsgálatával állapítják meg azok besorolását. Ezek alapján Baranya megyében található lakások 42,7% volt összkomfortos besorolású volt 2007-ben és ez az érték folyamatosan növekszik [109]. A legtöbb panellakás összkomfortos besorolású, viszont minőségükben eltérőek lehetnek, mely leginkább a felhasznált anyagok avulásából származtatható.

A burkoló anyagok minőségét kopásállóságuk alapján határozhatjuk meg, amelyet kerámia burkolatok esetén a Porcelain Enamel Institute (PEI) [110] értékkel, míg laminált padlók esetén az Abrasion Classes (AC) [111] mérőszámmal határozzák meg a gyártók. Ezekben felül több mérőszám is található, viszont a felsorolt két meghatározás jellemzi leginkább a burkolatok minőségét. A 19. táblázat értékei normál, lakáson belüli használatra vonatkoznak. Az értékek kiválasztásánál célszerű figyelembe venni a felújítást követő következő felújításig terjedő időtartamot, hiszen ha 20 évre tervezünk az anyagminőség szempontjából magasabb igényeket kell támasztanunk. A tanulmány készítése során a 10 éves időtartamot vettem alapul, mert az elektromos, fűtési és egyéb gépészeti rendszerek élettartam vagy komolyabb felújítási igénye a 10 éves időtartamhoz közelít, melyet az energetikai tanúsítások 10 évig tartó érvényessége is alátámaszt [113]. A bútorozás ugyancsak része a táblázatnak, viszont annak konkrét kiválasztása általában egyedi igények alapján történik, így a kalkuláció során nem került beépítésre, viszont mivel komoly költségvonzata lehet, így a táblázatban szerepelni kellett.

19. táblázat Döntéstámogatás összegző táblázata

Követelmények	Komfort kritériumok	Helyiségnév	(pl.: fürdőszoba)	(pl.: nappali)	(pl.: konyha)		
		Helyiségek száma (darabszám)	(pl.: 1)	(pl.: 1)	(pl.: 1)		
		Minimális helyiség méret	(pl.: 4 m ²)	(pl.: 25 m ²)	(pl.: 5 m ²)		
		Kapcsolódó terek [110], [111]		(pl.: egy helyiségben)			
	Anyagminőség	Osztályozás	PEI: 1	PEI: 2	PEI: 3	PEI: 4	PEI: 5
			AC21	AC22		AC23	
	Követelmény						
Berendezési és bútorozási minőségi követelmények	Követelmény [112] (minőségi osztály – stabilitás, tartósság, felület, stb.)	Mérsékelt	Normál	Közepes	Nagy	Különleges	
	Követelmény						
Kiinduló állapotok	Költségkeret	Aktuális állapot	(pl.: felújítandó)				
		Meglévő keretösszeg					
		Számított keretösszeg					
		Keretösszes eloszlás	(pl.: Fürdőszoba)				
			(pl.: 500.000 Ft)				
Döntéstámogatás							
Összegzés		∑: Helyiség méretek					
		∑: Felújítási összegek helyiségenként	(pl.: 2.500.000 Ft)				
		∑: Keretösszeg					
Eredmények	Felújítás sikeressége	Komfort besorolás	-2	-1	0	+1	+2
		Minőségi besorolás	-5	-3	0	+3	+5
		Költség besorolás	-2	-1	0	+1	+2

A 19. táblázat második fele tartalmazza az összegzés és kiértékelés részt. A felújítás sikeressége a számított értékek alapján mérhető és egy egyszerűsített visszacsatolást kínál a tulajdonosok, beruházók vagy bérlők számára. A mérőszámok a felújítási trendtől való eltérést jelzik, ezáltal a 0 értékek a trendnek való megfelelést, míg a -1, -3 alacsonyabb, és a -2, -5 a legkisebb igényszintet jelölik. Értelemszerűen a +1, +3 magasabb és a +2, +5 a legmagasabb szintet jelképezik. Ezek az értékek támogatják a döntéshozatalt és általa optimalizálható a

felújítás, mely során döntéseket lehet hozni a komfort, minőség és költségtényezők módosítása érdekében. Jelen kutatásban a kalkulációk, a trendeknek megfelelő értékek alapján készültek. A végeredmények az egyedi igények révén módosulhatnak, viszont az alapvetések és tényezők hasonlóak a panellakás felújítások esetén. A mérőszámok kiszámítása egyszerű, csupán a kívánt besorolások értékeit kell összegezni a trendtől való eltérés mértékének megfelelően (pl.: minőségi követelmények esetén a PEI:4, AC23 és Nagy követelmények +3 értéket adnak a trendhez viszonyítva). A költségek kiszámítása esetén a tanulmányban bemutatott számítási érték tekintendő 0 értéknek.

5.2. EREDMÉNYEK ÉS KITEKINTÉS

Ahogy az 5.1.2 fejezetben is említésre került a trend meghatározható és ennek eredményei láthatók a 20. táblázatban. Megfigyelhető, hogy több mint 80%-os pontossággal meghatározhatók voltak a felújítás során alkalmazott anyag típusok, ezáltal a trend egyértelműen definiálható és a felújítás folyamán ezek figyelembevételével lehet a további vizsgálatokat elvégezni (további kiegészítő információk találhatóak a csatolmányok között lévő 40. táblázatban). A 20. táblázat néhány megjegyzést is tartalmaz, mivel voltak olyan helyiségek, ahol az anyagok kevert alkalmazása volt jellemző. Ezek alapján az étkező és a konyha falán 20%-ban kerámia és 80%-ban festés volt alkalmazva, míg a fürdő esetén ez az arány 19,23-80,77% és a mellékhelyiségben 30,77-69,27%. Ezek az értékek a felújítási költségek számítása során figyelembe lettek véve. Az értékek a tervezési irányelvek betartásával kerültek becslésre, így például a csempézés esetén a fürdőben +2,10m magasságig számított, azokban az esetekben, amikor a csempe nem ért teljesen a mennyezetig.

20. táblázat Felújítás trendek meghatározására szolgáló táblázat

Helyiségek	Felület	Százalékos eloszlás	Anyagok	Megjegyzés
Bejárat/folyosó	Padló	95,7%	Csempe	
	Fal	91,3%	Festés	
Étkező	Padló	100,0%	Csempe	
	Fal	87,0%	Csempe/Festés	80% festés; 20% csempe
Konyha	Padló	100,0%	Csempe	
	Fal	95,7%	Csempe/Festés	80% festés; 20% csempe
Fürdőszoba	Padló	100,0%	Csempe	
	Fal	91,3%	Csempe/Festés	80.77% csempe; 19.23% festés
Mellékhelyiség	Padló	100,0%	Csempe	
	Fal	82,6%	Csempe/Festés	69.23% csempe; 30.77% festés
Hálósoba	Padló	100,0%	Laminált	
	Fal	95,7%	Festés	
Nappali	Padló	95,7%	Laminált	
	Fal	82,6%	Festés	
Terasz	Padló	90,0%	Csempe	
	Fal	100,0%	Festés	

Az anyaghasználati trend definiálása után következett a felújítási keretösszeg meghatározása. A számítás során a felújított állapot tekintendő kiindulásnak, majd attól való átlagos eltérés határozza meg az adott állapotból való kiindulás esetén releváns felújítási keretet.

A 21. táblázat bemutatja a kiszámított felújítási keretösszegeket a különböző kiindulási állapotok esetén. Kétféle összegmeghatározás látható, melyből az első a hirdetési árak alapján számított érték, a második esetben pedig a lokációs értékkel (2. fejezet) csökkentett számítások láthatók. Ezáltal meghatározható, hogy jó állapotú ingatlanok esetén 35 830Ft/m², átlagos állapot esetén 66 697Ft/m², míg felújítandó ingatlanok esetén 78 223Ft/m² költségkeret nevezhető optimálisnak. Amennyiben ekkora összeget költenek felújításra, úgy az ingatlan értéknövekedése elérheti a felújított ingatlanok értékét, viszont ennél magasabb költségek esetén annak megtérülése nem valószínű, mivel a piac nem fogja megfizetni a plusz ráfordítást. Természetesen minden esetben mérlegelni szükséges, hogy a felújítást milyen célból végezzük, hiszen saját célú felújítás esetén az ingatlanban elért komfortnövekedés megérheti, míg befektetési célú felújítás esetén a többlet költségek a várható profit mértékét csökkenthetik. A költségek kezelése van a legnagyobb hatással a felújítás sikerességére, amely szoros kapcsolatban van az anyagminőségi és komfort követelményekkel.

21. táblázat Felújítási keretösszegek meghatározása az átlag értékek alapján az állapotok viszonyában, normál és lokációs értékkel csökkentett esetekben

Állapot	Felújított	Jó állapotú	Átlagos állapotú	Felújítandó
<u>Átlagos ingatlan árak</u>				
	344 042 Ft/m ²	318 197 Ft/m ²	281 451 Ft/m ²	274 820 Ft/m ²
Felújítási keretösszeg	-	<u>25 845 Ft/m²</u>	<u>62 591 Ft/m²</u>	<u>69 222 Ft/m²</u>
<u>Lokációs értékkel csökkentett átlagos ingatlan árak</u>				
	299 370 Ft/m ²	263 540 Ft/m ²	232 673 Ft/m ²	221 147 Ft/m ²
Felújítási keretösszeg	-	<u>35 830 Ft/m²</u>	<u>66 697 Ft/m²</u>	<u>78 223 Ft/m²</u>

A tényleges felújítási költségek kiszámítása során a kritériumokat a felújítási trendnek megfelelően határoztam meg. A számításhoz mennyiségekre, szakipari munkák és anyagok költségeire volt szükség. Első körben a felületek, nyílások és helyiségek méreteire és darabszámára volt szükségem, amit a korábban említett BIM modellből származtattam. A 22. táblázat tartalmazza a számított mennyiségi értékeket, az egyes helyiségekre és nyílászárókra lebontva. A szükséges munkálatok közül csak néhány példa került beillesztésre, mivel az összes munka jóval komplexebb és nagyobb méretű táblázatot kívánt meg (41.). A kutatás célja a módszertani lépések bemutatása és nem a konkrét költségadatok közzélése, mivel azok évről évre változhatnak, de az elemzési módszertan azonos maradhat.

22. táblázat Példa az egyes helyiségekre vetített mennyiségi értékekre

Felújítási munkálatok			Fűtés	Külső nyílászárók	Padlóburkolat	
			Radiátorok	Bejárati ajtó	Laminált padló	Kerámia burkolat
Mértékegység			db	db	m ²	m ²
Helyiségek	Terület	Fal felület				
Bejárat/folyosó	9,46	28,96				9,46
Étkező	7,47	25,63	1			7,47
Konyha						
Fürdőszoba	2,93	17,33				
Mellékhelyiség	0,83	8,26				
Hálószoza	18,5	49,31	2		18,50	
Nappali	18,09	37,36	1		18,09	
Terasz	0	0				0,00
<u>SZUM</u>	57,28	137,89				
	Darabszám					
Ajtók	8			1		
Ablakok	4					

Miután a mennyiségek kiszámításra kerültek, következhet a felújítási keretösszeg kiszámítása, amelyet hasonló táblázatos formában összesítettem. A kalkulációt a korábban felmért három lakásra végeztem el. Ahogy a 23. táblázatban is látható a legtöbb esetben két különböző költségérték szerepel egy munkálathoz, mivel az alkalmazott segédlet a meghatározott minőségi osztályon belül alsó felső értékek adott meg. Több kritérium is befolyásolhatja a költségek alakulását (pl.: magasabb minőségű építőanyag alkalmazása, speciális eszközök használatának szükségessége a felújítás során, térszervezés stb.), de a kutatás során az átlagos felújítás szint, átlagos (min. 10 év élettartamú) építőanyagok felhasználásával került elemzésre. Miután a költségek kiszámítottam a korábban meghatározott mennyiségi adatok alapján azokat három főcsoport szerint összegeztem: nyílászárók, elektromos rendszer és helyiségek. Véleményem szerint ez a három főcsoport az, amely a felújítás három fő elemét szolgáltatja. A nyílászárókat nem célszerű külön-külön felújítani, de hasonló módon az elektromos rendszer felújítását is egyben javasolt elvégezni. A helyiségek funkcióként kiszámításra kerültek, mivel azok akár szeparáltan is felújíthatók. Természetesen a költségek csökkenthetők a lakás minden részének egységes felújításával, viszont ez csak akkor valósítható meg, ha a lakást nem használják a felújítás időtartama alatt. A részegységek külön-külön történő felújítása a kivitelezési költségeket emelheti (pl.: többszöri felvonulási költségek).

23. táblázat Felújítási összegek kiszámítására alkalmazott táblázat minta

Felújítási munkálatok			Padló burkolat		Fal és álmennyezet felületképzés	
			Laminált padló		Előkészítő munkák	
Mértékegység			m ²		m ²	
Információs forrás/ fejezet			III/1 - 8.2.1.3		III/1- 13.1.1.3	
Költség/egység			7 500	11 000	1 200	1 800
Helyiségek	Terület	Fal felület				
Bejárat/folyosó	9,46	28,18			33 816	50 724
Étkező	7,44	25,54			30 648	45 972
Konyha						
Fürdőszoba	3,11	17,7				
Mellékhelyiség	0,83	8,26				
Hálószoba	18,9	51,8	141 750	207 900	62 160	93 240
Nappali	18,2	36,12	136 500	200 200	43 344	65 016
Terasz	3,25	6,53			7 836	11 754

A 24. táblázatban látható, hogy a vizsgált 3 lakás esetén a teljes felújítási összegek túlmutatnak a lakások felújításával elérhető számított értéknövekedésen. Ez leginkább az utóbbi években tapasztalható építőanyag és munkabér költségek növekedéséből adódik. Az elmúlt néhány évben 15%-25%-os évi [114], [115] építőanyagár emelkedés volt megfigyelhető, melyet az ingatlan árak nem követtek arányosan Pécs kertváros területén. Természetesen az ingatlan árak régióként eltérőek lehetnek, Budapesten a felújítási keretösszeg akár duplája is lehet, viszont a kivitelezési költségek is magasabbak. A felhasznált költségbecslési segédlet, amely alapján az árakat meghatároztam átlagárakat vesz figyelembe, ezáltal a pécsi kivitelezési árak a számított értékek alatt is lehetnek. A kutatás során cél volt a költségek százalékos eloszlásának meghatározása, mely alapján könnyebben tervezhetővé válnak a felújítások.

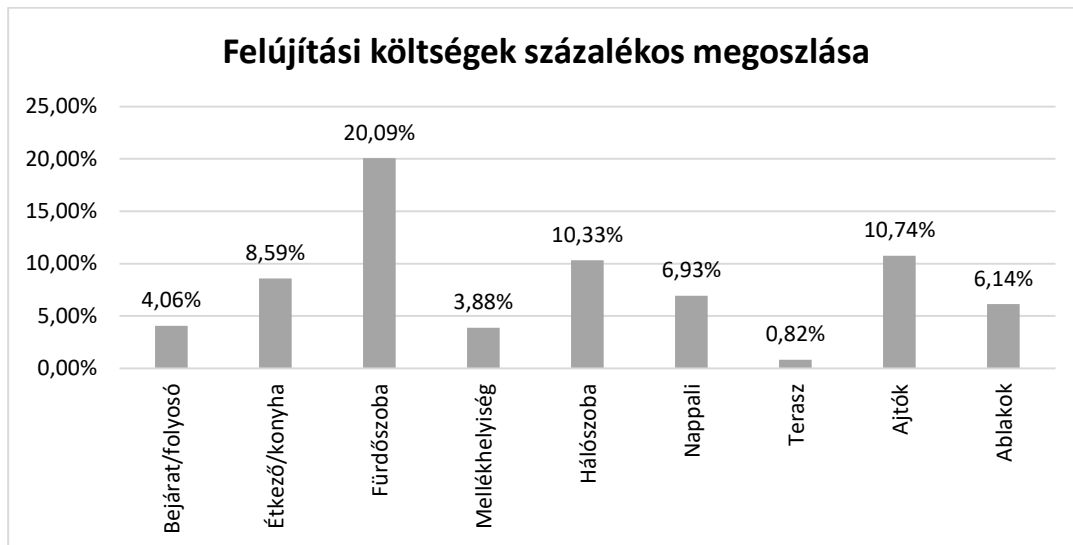
24. táblázat A vizsgált lakások helyiségekre és főbb egységekre lebontott költségei

Helyiségek/ rendszerek	Lakás 01		Lakás 02		Lakás 03	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Bejárat/folyosó	224 528	305 524	226 946	309 346	217 987	295 185
Étkező	533 827	633 297	535 583	635 343	457 120	540 262
Konyha	1 259 550	1 430 600	1 186 650	1 347 800	1 198 800	1 361 600
Fürdőszoba	228 250	273 900	228 250	273 900	228 250	273 900
Mellék helyiség	498 240	840 310	486 761	822 469	521 683	876 607
Hálószoba	363 052	533 608	365 862	538 133	365 712	537 858
Nappali	67 368	89 522	-	-	68 112	90 698
Terasz	756 453	605 000	881 612	605 000	716 453	555 000
Nyílászárók	344 844	344 844	496 807	496 807	344 844	344 844
Elektromos rendszer	1 836 000	1 836 000	1 819 680	1 819 680	1 831 920	1 831 920
SZUM ÁTLAG	6 502 359 Ft		6 234 389 Ft		6 329 378 Ft	

A 25. ábra bemutatja a számított költségeloszlást a különböző helyiségek, elektromos rendszer és nyílászárók vonatkozásában. Megfigyelhető, hogy a fürdőszoba felújítása 20,09 %-át míg az elektromos rendszer 28,43%-át teszi ki a teljes felújítási költségnek. A helyiségek mérete, az alkalmazni kívánt anyagok és az átalakítás mértéke befolyásolja a költségek eloszlását. A számítás során a berendezéseket a korábban említett indokok miatt nem vettem figyelembe, kivéve a beépített fürdőszobai szaniterek jelennek meg a költségekben, mivel a költségbecslése segédlet a fürdőszobai felújítást egységként kezeli és árazza.

A döntéstámogatás során a felújítási keretösszeg, a komfort, anyagminőség és rendelkezésre álló keretösszeg alapján optimalizálható és pontosan tervezhető a beruházás. Amennyiben a

költségek magasabbak, mint a rendelkezésre álló keret, valamely paraméter (követelmény) módosítása szükséges, majd a módosított verzió újra „szimulálható”, számítható.



25. ábra Felújítási költségek megoszlása panellakások esetén

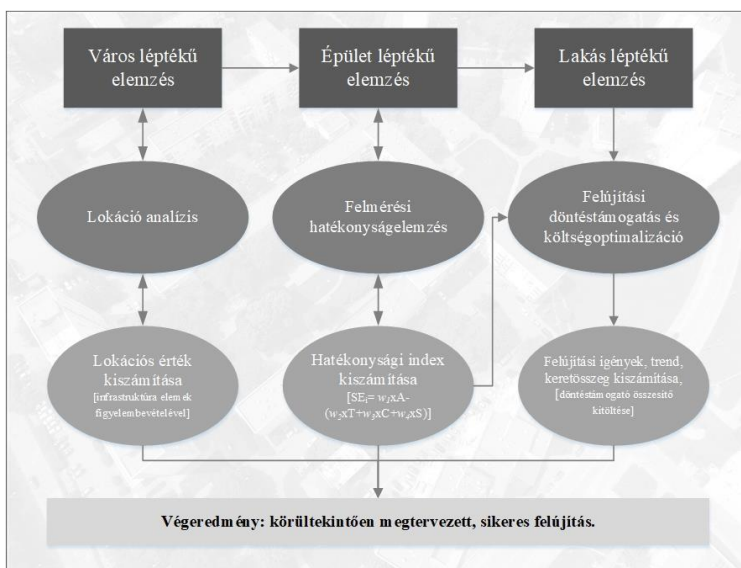
5.3. KÖVETKEZTETÉS

A kutatás fő célja a felújítási döntések támogatása. Jelen kutatási szakaszban Pécs Kertváros panellakásait vizsgáltam, de az alkalmazott vizsgálati módszertanok és eredmények az ország bármely részén adaptálhatók. Attól függően, hogy melyik régióban vizsgáljuk a lakások felújítási keretösszegét, változhat azok nagysága, viszont az eloszlása nagy valószínűséggel hasonló eredményt fog mutatni. Néhány esetben a felújítási költségek túlmutatnak azok értéknövelő, vagy értékmegőrző hatásán, viszont ezek alapja az egyéni preferenciák és a komfortnövekedés igénye. A kiindulási állapotok minden felújítás esetén meghatározó jellemzők, mivel az optimális felújítási keretösszeget nagymértékben befolyásolja. A kutatásban nem vizsgált tényezők is befolyásolhatják a keretösszeget, viszont a tanulmány készítése során vizsgált kritériumok általános meghatározásával megfelelő közelítő végeredményt kaphatunk. A bemutatott vizsgálati és elemzési módszertan segédletként alkalmazható a felújítások tervezése során, ezzel segítve akár komplex felújítási programok kialakítását a panellakások vonatkozásában hazánkban.

A kutatás nem jöhetett volna létre a Kertvárosi Lakásfenntartó Szövetkezet, Reinodli Frigyes, Gábor Babics és az OTP BANK Nyrt” OTP Jelzálogbank Zrt. szakmai támogatása nélkül.

6. ÖSSZEGZÉS

Hazánkban a több mint fél millió panellakás és a panelépületekben élő több mint 1,1 millió ember [116] a XXI. századi építészet látókörébe helyezik a panelfelújítások problematikáját. Létrejötték komplex és részleges felújítási projektek, viszont véleményem szerint azok tervezése és kivitelezése nem a legoptimálisabb módon történt és történik napjainkban. Az energetikai felújítások túlnyomó része elsősorban homlokzati hőszigetelést és fűtőkorszerűsítést jelentett, azonban a mai kor követelményeinek való megfelelés szempontjából problémásnak tekinthetők, sok esetben újbóli beavatkozást igényelnek. A felújítások tervezése során komplex vizsgálatokat és elemzéseket célszerű alkalmazni a sikeresség elérése érdekében. Az ad-hoc megoldások a közvetlen környezetet vizsgálva célravezetőnek tűnhetnek, ugyanakkor nem eredményeznek hiánytalan megoldásokat. A disszertációmban bemutatott digitális eszköztár alkalmazásával lehetőség nyílik a települési infrastrukturális környezet elemzésén túl a panelépületek egységekként történő vizsgálatára, és a célterület további szűkítésével lakás szintű analízisek elvégzésére. Bár korábban is készültek település, épület és lakás szintű elemzéseket tartalmazó tanulmányok, a panelépületekre fókuszált kutatási eredményeim új, modern eszközök segítségével mutatják be a felújítások előkészítésének különböző aspektusait. A lokáció, mint érték, a geometriai felmérés, mint hatékonyságnövelés és a lakásfelújítás, mint költségoptimalizációs lehetőség mind-mind új nézőpontok és megközelítések a felújítástervezés során. Az általánosítások és a rendszer szintű vizsgálatok révén árnyaltabb és az ingatlanok értékét adaptáló módszertanokat alakítottam ki. A háromdimenziós BIM modellek, algoritmizált és automatizált folyamatok, a kifejlesztett és megvizsgált újszerű felmérési eljárások és tudományos számítási metódusok felhasználásával olyan komplex képet kaphatunk a problémáról és azok megoldási lehetőségeiről, amely elősegíti az ingatlanokban rejlő értékek felismerését és kiaknázást.



26. ábra Felújítások előkészítésének elvi megközelítése

A 26. ábra bemutatja a kutatás során tárgyalt folyamatok segítségével történő költség, idő, és követelmény optimalizált megoldások kialakításának elvi rendszerét. Céлом volt, hogy ne csupán a hozzáértő szakemberek, hanem a tulajdonosok, beruházók, és bérlők is képesek legyenek az eredményeim alkalmazásával saját döntéshozatali folyamataikat támogatni. Következésképpen az ésszerűség és a számított megtérülés határain belül válnak tervezhetővé a felújítási folyamatok, melyek nem csupán az adott ingatlanokra, hanem környezetükre is pozitív hatással vannak.

A modern és folyamatosan fejlődő eszközök alkalmazása, a digitális technológiákban rejlő lehetőségek felismerése és a virtuálisan elemezhető megoldások adaptálása a XX. századi épületek analízise során is megfelelő alapot szolgáltatnak a tervezési folyamatok támogatásához. Az alkalmazott módszertanok minden bizonnyal a hatékonyságnövekedés irányába mozdítják a szakmát, így azok megismerése és kutatása elengedhetetlen a modern kor igényeinek való megfeleléshez. Véleményem szerint a tulajdonosok, beruházók és bérlők egyre nagyobb kontrollt és tisztánlátást követelnek a felújítások során. Amennyiben az építészek által kínált megoldások, analízisek sorozatával kerülnek alátámasztásra, úgy kijelenthető, hogy döntéseik megalapozottak és a bemutatott tényezők értelmezésével a megbízók is felelősségteljes döntéseket képesek hozni. Kutatásom az újszerű, komplexitásában kezelt megoldások rendszerét kínálja az olvasó számára és új megvilágításba helyezi a panelépületek értékét.

7. AZ EREDMÉNYEK HASZNOSÍTÁSA, JÖVŐBEN CÉLOK

Az eredmények hasznosítását több irányból szükséges megközelíteni. Bár kutatásom fókuszában a panelépületek álltak, sok esetben az egyszerű geometriával rendelkező épületekre adaptálható megoldásokat és lehetőségeket mutattam be. A lokáció elemzés során meghatározott kritériumrendszer és azok egymáshoz viszonyított súlyozása a településmérnökök, várostervezők, vagy akár önkormányzatok általi áttanulmányozásra javasolt a településképi és infrastrukturális fejlesztések tervezése során. A kifejlesztett BIM modellek és az algoritmusok segítségével bármilyen épülettípus lokáció elemzése elvégezhető. Jó iránynak tartanám az országos szintű kataszteri adatbázisok ilyen mértékű közzétételét, hiszen a kinyerhető információk, ingatlanok adásvétele során döntéstámogató szereppel bírhatnának. Panelépületek vonatkozásában az ingatlanok értékében megjelenő lokációs értékek bemutatásával árnyaltabb képet kaphatunk a döntéshozatalok során.

A felmérések elemzését és összehasonlítását bemutató 3. fejezet eredményei panelépületekre kerültek kiszámításra, a kifejlesztett módszertani megoldások bármely piaci projekt során megfelelő alapot biztosíthatnak. A felmérési technológiák fejlődése felgyorsult ütemben zajlik, ezért azok állandó nyomon követése elengedhetetlen a hatékony folyamatok kialakítása érdekében. A bemutatott helyszíni modellezési eljárás újszerűsége a kívánt végeredmény legrövidebb úton való elérésében rejlik. A BIM modellek igénye és alkalmazásának alapvetése az építészet új digitális forradalmának tekinthető, ezáltal szükség van olyan megoldások kifejlesztésére, amelyek a modellezési folyamatokat szervesen beépítik az építőipari rendszerekbe. A 4. fejezetben bemutatott sztereó-fotogrammetriai lehetőségek a gyorsan fejlődő technológiák egyik kiemelkedő példája. Építészeti felhasználása újszerű megoldások tárházát kínálja a szakemberek részére. Véleményem szerint a távérzékelés és a roncsolásmentes diagnosztikai, képalkotási eljárások lesznek a jövő meghatározó technológiái. A lehetőségeket kombinálva épületeinkről teljes képet kaphatunk anélkül, hogy azokban kár keletkezne. Tervezem a technológiában rejlő lehetőségek kutatásának folytatását, mivel jelentős potenciált látok építészeti felhasználása terén, akár más technológiákkal való kombinációban.

Az 0. fejezetben bemutatott döntéstámogatási, trend és költségelemzési módszertanok segítségével támogathatók a tulajdonosok, beruházók, vagy bérlők döntéshozatali folyamatai. Az eredmények a felújítások tervezése és komplexebb elemzése során hasznosíthatók. Támogatja a megrendelői igények rendszerbe foglalását, a meghatározott költségkeret megoszlásának elemzését, és az optimum megtalálását a komfort, anyagminőség és költségek vonatkozásában.

A digitális technológiákkal támogatott felújítások az elvégzett elemzések révén hatékonyabb és jobban tervezhető megoldásokat nyújtanak. Az informatika fejlődése számos új lehetőséget biztosít a szakemberek részére munkafolyamataik fejlesztésére, eredményeik alátámasztására és prezentálására. Saját munkásságom során a folyamatos tanulás és fejlődni vágyás vezérel, ezáltal a disszertációmban bemutatott és újonnan megjelenő lehetőségek vizsgálata abszolút célként fogalmazódik meg bennem, ezzel támogatva a szakma és magam fejlődését.

8. CSATOLMÁNYOK

25. táblázat Példa a lokációs érték pénzbeli értékének kiszámítására – összehasonlító analízis

Összehasonlítás			Eredmények
<i>Ing, száma</i>	<i>Lokációs érték</i>	<i>Hirdetési ár (ft/m2)</i>	
1,	0,00748585	259423,0769	
2,	0,00905975	277592,5926	
Különbség	-0,0015739	-18169,51567	<i>0,001 = 11 544 Ft</i>
1,	0,00748585	259423,0769	
3,	0,009835245	288269,2308	
Különbség	-0,002349395	-28846,15385	<i>0,001 = 12 278 Ft</i>
1,	0,00748585	259423,0769	
4,	0,008739547	277192,9825	
Különbség	-0,001253698	-17769,90553	<i>0,001 = 14 174 Ft</i>
1,	0,00748585	259423,0769	
5,	0,010363978	288461,5385	
Különbség	-0,002878129	-29038,46154	<i>0,001 = 10 089 Ft</i>
1,	0,00748585	259423,0769	
6,	0,006655499	259615,3846	
Különbség	0,000830351	-192,3076923	<i>0,001 = -232 Ft</i>
1,	0,00748585	259423,0769	
7,	0,003991981	248611,1111	
Különbség	0,003493869	10811,96581	<i>0,001 = 3 095 Ft</i>
1,	0,00748585	259423,0769	
8,	0,004292744	249838,7097	
Különbség	0,003193106	9584,367246	<i>0,001 = 3 002 Ft</i>

26. táblázat A sztereo-fotogrammetria eszköztárának alkalmazása az épület különböző részein

Pontfelhő kiértékelés				
JPG	Canon fényképező	Nikon fényképező	Telefon kamera	Phantom 4 UAV
Lakás 1	30%	30%	-	-
Lakás 2	10%	10%	-	-
Lakás 3	10%	10%	10%	-
Lépcsőház	-	90%	-	-
Homlokzat	-	90%	-	95%
Átlag	20.00%	36.67%	10.00%	95%

27. táblázat Felmérési eredmények pontosság szerinti százalékos értékelése

Adat kiértékelési táblázat	
10%	Helytelen
20%	Felismerhetetlen
30%	Használhatatlan
40%	Nem megfelelő
50%	Nehezen használható
60%	Kevésbé használható
70%	Használható
80%	Megfelelő
90%	Közel hibátlan
100%	Hibátlan

28. táblázat Lakás belső terek vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök rendelkezésre állás esetén

1.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
Relatív idő				
Lakás belső terek	17,615	39,083	32,752	10,550
Relatív szükséges képzettség				
Szint	20	30	20	30
Pontosság				
Lakás belső terek	70	100	30	95

1.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás
Lakás belső terek (SE _i)	32,39	30,92	-22,75	54,45

29. táblázat Lakás belső terek vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök rendelkezésre állás esetén

2.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
Relatív idő				
Lakás belső terek	26,194	58,117	0,000	15,689
Relatív szükséges képzettség				
Szint	25	38	0	38
Pontosság				
Lakás belső terek	70	100	0	95

2.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás
Lakás belső terek (SE _i)	18,81	4,38	0,00	41,81

30. táblázat Lakás belső terek vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök rendelkezésre állás esetén

3.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
Relatív idő				
Lakás belső terek	62,541	0,000	0,000	37,459
Relatív szükséges képzettség				
Szint	40	0	0	60
Pontosság				
Lakás belső terek	70	0	0	95

3.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás
Lakás belső terek (SE _i)	-32,54	0,00	0,00	-2,46

31. táblázat Lakás belső terek vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök bérlése esetén

1.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
Relatív idő				
Lakás belső terek	17,615	39,083	32,752	10,550
Relatív szükséges képzettség				
Szint	20	30	20	30
Relatív költségek				
Bérlés	2,703	54,054	37,838	5,405
Pontosság				
Lakás belső terek	70	100	30	95

1.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Bérlés	Bérlés	Bérlés	Bérlés
Lakás belső terek (SE _i)	29,68	-23,14	-60,59	49,04

32. táblázat Lakás belső terek vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök bérlése esetén

2.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
Relatív idő				
Lakás belső terek	26,194	58,117	0,000	15,689
Relatív szükséges képzettség				
Szint	25	38	0	38
Relatív költségek				
Bérlés	2,703	54,054	0,000	5,405
Pontosság				
Lakás belső terek	70	100	0	95

2.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Bérlés	Bérlés	Bérlés	Bérlés
Lakás belső terek (SE _i)	14,46	-82,57	0,00	33,12

33. táblázat Lakás belső terek vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök bérlése esetén

3.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
Relatív idő				
Lakás belső terek	62,541	0,000	0,000	37,459
Relatív szükséges képzettség				
Szint	40	0	0	60
Relatív költségek				
Beszerezés	0,234	93,677	3,747	2,342
Bérlés	2,703	0,000	0,000	5,405
Pontosság				
Lakás belső terek	70	0	0	95

3.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Bérlés	Bérlés	Bérlés	Bérlés
Lakás belső terek (SE _i)	-65,87	0,00	0,00	-69,13

34. táblázat Lépcsőház vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök beszerzése esetén

	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Beszerzés	Beszerzés	Beszerzés	Beszerzés
Lépcsőház	53,34	-26,01	-24,04	61,71

2.	Beszerzés	Beszerzés	Beszerzés	Beszerzés
Lépcsőház	41,27	0,00	-90,40	14,13

3.	Beszerzés	Beszerzés	Beszerzés	Beszerzés
Lépcsőház	-34,09	0,00	0,00	-95,91

35. táblázat Lépcsőház vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök bérlése esetén

1.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Bérlés	Bérlés	Bérlés	Bérlés
Lépcsőház	50,87	13,62	-58,13	58,64

2.	Bérlés	Bérlés	Bérlés	Bérlés
Lépcsőház	15,35	-73,95	0,00	28,60

3.	Bérlés	Bérlés	Bérlés	Bérlés
Lépcsőház	-58,33	0,00	0,00	-71,67

36. táblázat Lépcsőház vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök rendelkezésre állása esetén

1.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás
Lépcsőház	53,57	67,67	-20,29	64,05

2.	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás
	Lépcsőház	19,70	13,01	0,00

3.	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás
	Lépcsőház	-25,00	0,00	0,00

37. táblázat Homlokzatok vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök beszerzése esetén

1.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Beszerzés	Beszerzés	Beszerzés	Beszerzés
Homlokzat	51,12	-37,54	-7,90	38,32

2.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Beszerzés	Beszerzés	Beszerzés	Beszerzés
Homlokzat	42,28	0,00	-19,78	25,17

3.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Beszerzés	Beszerzés	Beszerzés	Beszerzés
Homlokzat	-9,74	0,00	0,00	-36,84

38. táblázat Homlokzatok vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök bérlése esetén

1.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Bérlés	Bérlés	Bérlés	Bérlés
Homlokzat	48,66	2,08	-41,99	35,26

2.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Bérlés	Bérlés	Bérlés	Bérlés
Homlokzat	13,09	-23,23	0,00	-6,03

3.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Bérlés	Bérlés	Bérlés	Bérlés
Homlokzat	-12,20	0,00	0,00	-39,91

39. táblázat Homlokzatok vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök rendelkezésre állása esetén

1.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás
Homlokzat	51,36	56,13	-4,15	40,66

2.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás
Homlokzat	15,79	30,83	0,00	-0,62

3.	Hagyományos	TLS	Fotogrammetria	MoS
	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás	Rendelkezésre állás
Homlokzat	-25,19	-6,81	0,00	0,00

40. táblázat A panellakások felújítási trendmeghatározása során alkalmazott burkoló anyagok összesítő táblázata

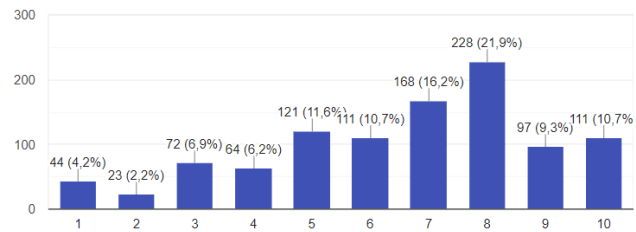
Helyiségek	Bejárat/ Folyosó		Étkező		Konyha		Fürdőszoba		Mellék- helyiség		Hálószoba		Nappali		Terasz	
	Padló	Fal	Padló	Fal	Padló	Fal	Padló	Fal	Padló	Fal	Padló	Fal	Padló	Fal	Padló	Fal
Anyagok	Padló	Fal	Padló	Fal	Padló	Fal	Padló	Fal	Padló	Fal	Padló	Fal	Padló	Fal	Padló	Fal
Csempe	22	0	23	0	23	0	23	2	23	0	0	0	1	0	9	0
PVC	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festés	0	21	0	1	0	0	0	0	0	4	0	22	0	19	0	10
Csempe/ Festés	0	0	0	20	0	22	0	21	0	19	0	0	0	0	0	0
Csempe/ Tapéta	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festés/ tégla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Laminált	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	22	0	0	0
Festés/ Tapéta	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0
Szőnyeg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Festés/fa	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Használat százalékos megoszlása :	95,7%	91,3%	100,0%	87,0%	100,0%	95,7%	100,0%	91,3%	100,0%	82,6%	100,0%	95,7%	95,7%	82,6%	90,0%	100,0%
Trend:	Csempe Festés	Csempe Festés	Csempe Festés	Csempe Festés	Csempe Festés	Csempe Festés	Csempe Festés	Csempe Festés	Csempe Festés	Csempe Festés	Laminált Festés	Laminált Festés	Csempe Festés	Csempe Festés	Csempe Festés	Csempe Festés

41. táblázat A felújítási munkálatok számított költségvetése a meghatározott részegységek esetén

Felújítás munkálatok	Földszoba		WC		Vízszelés		Fűtési rendszer		Elektromos rendszer		Külső nyílászárók		Belső nyílászárók		Padlóburkolat		Fali és almenyázat felületképzés				
	Átlagos felújítás	Általános felszereltség	Csővezetékek	Radiátorok	Terasz vagy nappali lövegfal	Bejárati ajtó	Ablakok 90/210	Ablakok 120/210	Ablakok 150/210	Ajtók 75/210	Ajtók 90/210	Ajtók 100/210	Ajtók 126/260	Laminált padló	Kerámia burkolat	Előkészítés	Csempézés	Festés			
Mértékegység	db	db	m ²	db		db	db	db	db	db	db	db	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²				
Információ forrás	I./IV.1.2.2	I./IV.1.1.2	2.1.1	2.1.2	I/III.1.1.1	10.3.2	áránlát	áránlát	áránlát	III/1-10.4.1.7	számított	III/1.8.2.1.3	III/1.8.1.2.1	III/1.13.1.1.3	III/1.8.1.3.3	III/1.13.1.2.2					
Költség/egység	405 000 460 000	275 000 330 000	27 000	80 000 100 000	34 000	284 453 215 000 280 000	88 590	104 292	151 963	35 000 40 000 40 000 50 000 43 000 60 000 69 000 95 000	7 500 11 000	12 600 14 600	1 200 1 800	14 800 15 700	1 900 3 100						
Helyiségek	Terület	Fal felület																			
Bejárati/folyosó	9,46	28,96																			
Étkező	7,47	25,63																			
Konyha			201 690	80 000	100 000																
Fürdőszoba	2,93	17,33	1 186 650 1 347 800																		
WC	0,83	8,26	228 250 273 900																		
Hálószoba	18,5	49,31	80 000 160 000 100 000 320 000																		
Nappali	18,09	37,36																			
Terasz	0	0																			
Szumma	57,28	137,89																			
Ajtók	8																				
Ablakok	4		409 612	215 000	280 000	88 590	104 292	303 925	10 500	12 000	40 000	50 000	43 000	60 000	69 000	95 000					

Mennyire fontos önnek? - Boltok távolsága a megvásárolni kívánt ingatlantól:

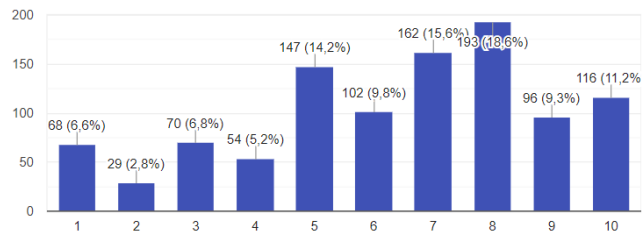
1 039 válasz



27. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok a boltok távolságára vonatkozóan

Mennyire fontos önnek? - Óvodák, iskolák, egyetemek távolsága a megvásárolni kívánt ingatlantól:

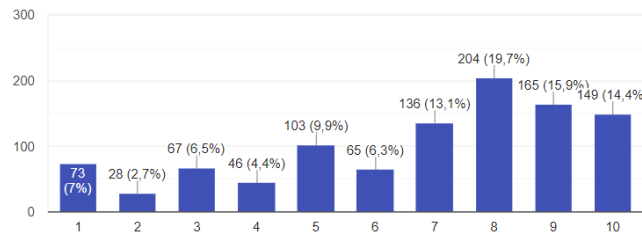
1 037 válasz



28. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok az oktatási intézmények távolságára vonatkozóan

Mennyire fontos önnek? - Buszmegállók távolsága a megvásárolni kívánt ingatlantól:

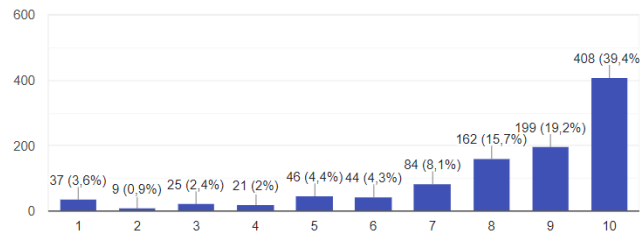
1 036 válasz



29. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok a buszmegállók távolságára vonatkozóan

Mennyire fontos önnek? - Parkolási lehetőség távolsága és kialakítása:

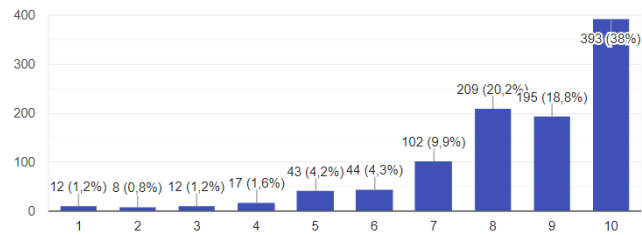
1 035 válasz



30. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok a parkolási lehetőségek távolságára vonatkozóan

Mennyire fontos önnek? - Zöldterület távolsága a megvásárolni kívánt ingatlantól:

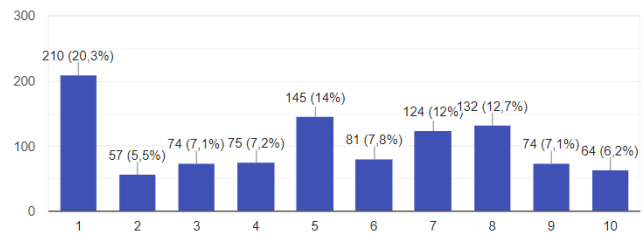
1 035 válasz



31. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok a zöldterületek távolságára vonatkozóan

Mennyire fontos önnek? - Játszóter távolsága a megvásárolni kívánt ingatlantól:

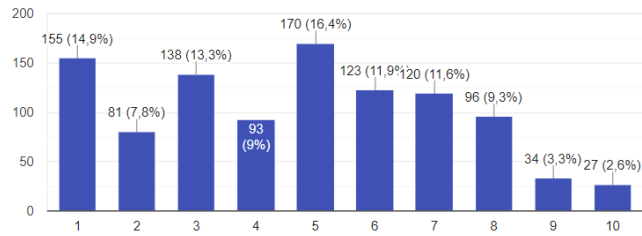
1 036 válasz



32. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok a játszótér távolságára vonatkozóan

Mennyire fontos önnek? - Bevásárlóközpontok távolsága a megvásárolni kívánt ingatlantól:

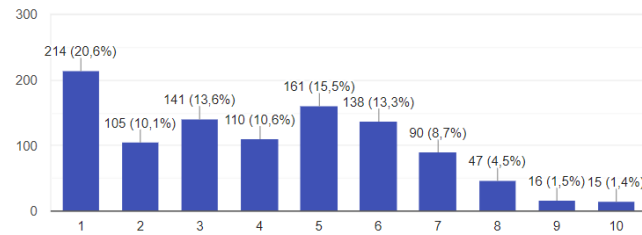
1 037 válasz



33. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok a bevásárlóközpontok távolságára vonatkozóan

Mennyire fontos önnek? - Éttermek távolsága a megvásárolni kívánt ingatlantól:

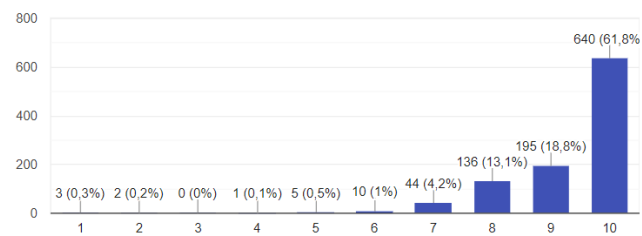
1 037 válasz



34. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok az éttermek távolságára vonatkozóan

Mennyire fontos önnek? - Az épület szerkezeti állapota?

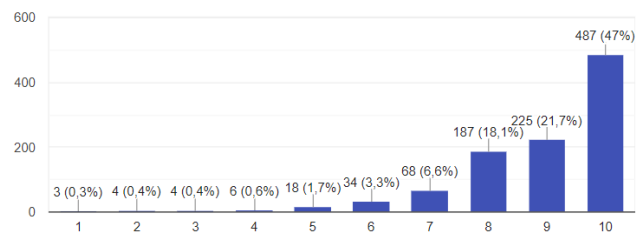
1 036 válasz



35. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok az épület szerkezeti állapotának fontosságára vonatkozóan

Mennyire fontos önnek? - Az épület energetikai állapota?

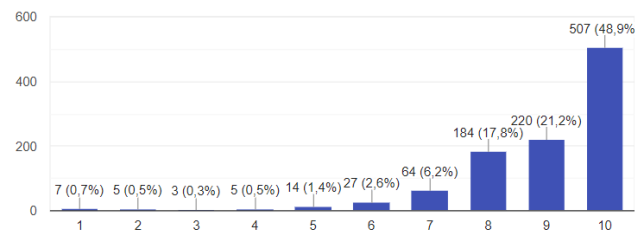
1 036 válasz



36. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok az épület energetia állapotának fontosságára vonatkozóan

Mennyire fontos önnek? - Az épület gépészeti állapota?

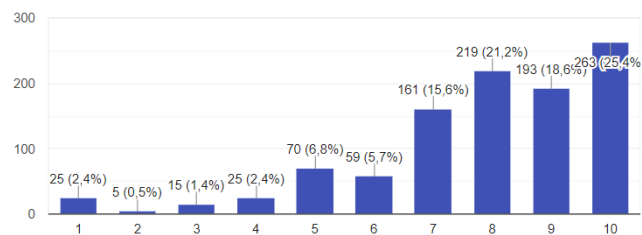
1 036 válasz



37. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok az épület gépészeti állapotának fontosságára vonatkozóan

Mennyire fontos önnek? - Az épület lakóközössége?

1 035 válasz



38. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok az épület lakóközösségének fontosságára vonatkozóan

9. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] „2020-ig az összes panel megújul | Magyar Nemzet”. <https://magyarnemzet.hu/archivum/gazdasag-archivum/2020-ig-az-osszes-panel-megujul-4067219/> (elérés nov. 24, 2020).
- [2] „ZFR-KONVEKTOR/2017 Otthon Melege Program”, *ZFR-KONVEKTOR/2017 Otthon Melege Program*. <https://konvektor2019.nffku.hu/> (elérés nov. 24, 2020).
- [3] A. Dési, *Panelkalauz*. Építésügyi Tájékoztató Központ, 1996.
- [4] KSH, „KSH Statinfo v39”, 2019. <http://statinfo.ksh.hu/Statinfo/haViewer.jsp> (elérés jún. 22, 2020).
- [5] P. Dr. Birghoffer és L. Hikisch, *A panelos lakóépületek felújítása*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1994.
- [6] S. Orbán, *Építmények élettartamának tervezése*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1978.
- [7] S. Dr. Orbán, *Rendszerelméleten alapuló építményfenntartás. Épületfenntartási tájékoztató 6*. Budapest: ÉTK, 1980.
- [8] J. Gilyén, *Panelos épületek szerkezetei: Tervezés, méretezés*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1982.
- [9] M. Osztróluczky és T. Csoknyai, „Solanova projekt - környezetbarát energiatudatos panelépület felújítási mintaprojekt Dunaújvárosban”. *Építés spektrum*, 2005, Elérés: szept. 02, 2020. [Online]. Elérhető: http://energotrade.hu/pdf/energotrade_solanova_leiras.pdf.
- [10] O. Lóránt és S. Béla, *A lakóterületi programok vizsgálata és a használati tapasztalatok elemzése*. BME Lakóépület tervezési Tanszék, 1985.
- [11] „Solanova projekt Panelos lakóépület és a kapcsolódó hőszolgáltató rendszer napenergiával segített klímatudatos felújítása, »5. Kutatási és Demonstrációs Keretprogram« Contract NNE5-2001-923 DG TREN”. http://energotrade.hu/pdf/energotrade_solanova_solanova.pdf (elérés jan. 20, 2021).
- [12] G. Vukovich, *Mikrocenzus 2016 7 7*. 2018.
- [13] Á. Borsos, „Lakóterek rehabilitációja”, *FMTÜ*, köt. 1. (2014), o. 101–104, 2014, doi: 10.36243/fmtu-2014.018.
- [14] C. Eastman, „The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design”, *AIA Journal*, köt. 63, jan. 1975.
- [15] K. A. Kiel és J. E. Zabel, „Location, location, location: The 3L Approach to house price determination”, *Journal of Housing Economics*, köt. 17, sz. 2, o. 175–190, jún. 2008, doi: 10.1016/j.jhe.2007.12.002.
- [16] W. R. Archer, D. H. Gatzlaff, és D. C. Ling, „Measuring the Importance of Location in House Price Appreciation”, *Journal of Urban Economics*, köt. 40, sz. 3, o. 334–353, nov. 1996, doi: 10.1006/juec.1996.0036.
- [17] Hungarian Government, „25/1997. (VIII. 1.) PM rendelet a termőföldnek nem minősülő ingatlanok hitelbiztosítéki értékének meghatározására vonatkozó módszertani elvekről - Hatályos Jogsabályok Gyűjteménye”. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99700025.PM> (elérés júl. 04, 2020).
- [18] T. L. Saaty, „What is the Analytic Hierarchy Process?”, in *Mathematical Models for Decision Support*, G. Mitra, H. J. Greenberg, F. A. Lootsma, M. J. Rijkaert, és H. J. Zimmermann, Szerk. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1988, o. 109–121.

- [19] R. W. Saaty, „The analytic hierarchy process—what it is and how it is used”, *Mathematical Modelling*, köt. 9, sz. 3–5, o. 161–176, 1987, doi: 10.1016/0270-0255(87)90473-8.
- [20] T. L. Saaty, „How to make a decision: The analytic hierarchy process”, *European Journal of Operational Research*, köt. 48, sz. 1, o. 9–26, szept. 1990, doi: 10.1016/0377-2217(90)90057-1.
- [21] „Otthon Centrum”. <https://www.oc.hu/> (elérés júl. 04, 2020).
- [22] Duna House, „Duna house transaction database”, *Duna House*. <https://dh.hu/barometer> (elérés júl. 04, 2020).
- [23] „Pétáv”. <https://petav.hu/> (elérés júl. 04, 2020).
- [24] „Kertváros Lakásfenntartó Szövetkezet”, 2019. <http://www.klszpecs.hu/> (elérés febr. 01, 2020).
- [25] „Pécs, a kultúra városa”, *Pécs, a kultúra városa*. <https://www.pecs.hu/> (elérés jan. 16, 2021).
- [26] „Google Maps”, *Google Maps*. <https://www.google.hu/maps> (elérés márc. 03, 2020).
- [27] „OpenStreetMap”, *OpenStreetMap*. <https://www.openstreetmap.org/> (elérés márc. 03, 2020).
- [28] B. Sipos, *Pécs–Kertváros, Egy új városrész kiépülése 1972-tol napjainkig*. Pécs: PTE BTK Kari Tudományos Diákköri Tanácsa, 2015.
- [29] F. Biljecki, „Level of detail in 3D city models”, Delft University of Technology, 2017.
- [30] BIMForum, „BIMForum - LOD”, 2020. <https://bimforum.org/lof/> (elérés júl. 06, 2020).
- [31] M. Zagorác, J. Etlinger, és P. Iványi, „Accurate Quantity Data Extraction from Low Level of Detail BIM Models”, Cagliari, Sardinia, Italy, 2013, o. 155, doi: 10.4203/ccp.102.155.
- [32] S. Kari, L. Lellei, A. Gyulai, A. Sik, és M. M. Riedel, „BIM to GIS and GIS to BIM”, in *CAADence in Architecture, Back to command*, júl. 2016, o. 67–72, doi: 10.3311/CAADence.1645.
- [33] BIMForum, „Level of Development Specification”, 2019. <https://bimforum.org/lof/> (elérés jan. 31, 2020).
- [34] F. Biljecki, „Level of detail in 3D city models”, Delft University of Technology, 2017.
- [35] G. Casagrande, A. Sík, és G. Szabó, *Small flying drones: applications for geographic observation*. New York, NY: Springer Science+Business Media, 2018.
- [36] A. Adan és D. Huber, „3D Reconstruction of Interior Wall Surfaces under Occlusion and Clutter”, in *2011 International Conference on 3D Imaging, Modeling, Processing, Visualization and Transmission*, Hangzhou, TBD, China, máj. 2011, o. 275–281, doi: 10.1109/3DIMPVT.2011.42.
- [37] A. Adan, X. Xiong, B. Akinici, és D. Huber, „Automatic Creation of Semantically Rich 3D Building Models from Laser Scanner Data”, előadás 28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Seoul, Korea, jún. 2011, doi: 10.22260/ISARC2011/0061.
- [38] C. Thomson és J. Boehm, „Automatic Geometry Generation from Point Clouds for BIM”, *Remote Sensing*, köt. 7, sz. 9, o. 11753–11775, szept. 2015, doi: 10.3390/rs70911753.
- [39] C. Wang, Y. K. Cho, és C. Kim, „Automatic BIM component extraction from point clouds of existing buildings for sustainability applications”, *Automation in Construction*, köt. 56, o. 1–13, aug. 2015, doi: 10.1016/j.autcon.2015.04.001.

- [40] E. P. Baltsavias, „A comparison between photogrammetry and laser scanning”, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, köt. 54, sz. 2–3, o. 83–94, júl. 1999, doi: 10.1016/S0924-2716(99)00014-3.
- [41] M. Faltýnová, E. Matoušková, J. Šedina, és K. Pavelka, „BUILDING FACADE DOCUMENTATION USING LASER SCANNING AND PHOTOGRAMMETRY AND DATA IMPLEMENTATION INTO BIM”, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, köt. XLI-B3, o. 215–220, jún. 2016, doi: 10.5194/isprsarchives-XLI-B3-215-2016.
- [42] D. G. Pomaska, „IMPLEMENTATION OF DIGITAL 3D-MODELS IN BUILDING SURVEYS BASED ON MULTI IMAGE PHOTOGRAMMETRY”, o. 6.
- [43] D. Moon, S. Chung, S. Kwon, J. Seo, és J. Shin, „Comparison and utilization of point cloud generated from photogrammetry and laser scanning: 3D world model for smart heavy equipment planning”, *Automation in Construction*, köt. 98, o. 322–331, febr. 2019, doi: 10.1016/j.autcon.2018.07.020.
- [44] S. Peña-Villasenín, M. Gil-Docampo, és J. Ortiz-Sanz, „Professional SfM and TLS vs a simple SfM photogrammetry for 3D modelling of rock art and radiance scaling shading in engraving detection”, *Journal of Cultural Heritage*, köt. 37, o. 238–246, máj. 2019, doi: 10.1016/j.culher.2018.10.009.
- [45] „Leica DISTO D2 - 330 ft range - 7 measurement modes”. <https://shop.leica-geosystems.com/buy/disto/d2> (elérés jan. 17, 2021).
- [46] „ASUS ZenBook Pro UX550VE | Laptopok”, *ASUS Magyarország*. <https://www.asus.com/hu/Laptops/ASUS-ZenBook-Pro-UX550VE/> (elérés jan. 17, 2021).
- [47] M. Maboudi, D. Bánhidi, és M. Gerke, „Evaluation of indoor mobile mapping systems”, Berlin, 2017, o. 10.
- [48] I. Toschi, P. Rodríguez-González, F. Remondino, S. Minto, S. Orlandini, és A. Fuller, „ACCURACY EVALUATION OF A MOBILE MAPPING SYSTEM WITH ADVANCED STATISTICAL METHODS”, in *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Avila, Spain, febr. 2015, köt. XL-5-W4, o. 245–253, doi: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W4-245-2015>.
- [49] „Leica”, 2019. https://w3.leica-geosystems.com/downloads123/hds/hds/ScanStation%20C10/brochures-datasheet/Leica_ScanStation_C10_DS_en.pdf (elérés jan. 31, 2020).
- [50] L. P. Adams és A. Spirakis, „Stereo photogrammetry”, in *Optical measurement methods in biomechanics*, J. F. Orr és J. C. Shelton, Szerk. Boston, MA: Springer US, 1996, o. 17–38.
- [51] P. Grussenmeyer, T. Landes, T. Voegtle, és K. Ringle, „COMPARISON METHODS OF TERRESTRIAL LASER SCANNING, PHOTOGRAMMETRY AND TACHEOMETRY DATA FOR RECORDING OF CULTURAL HERITAGE BUILDINGS”, o. 6, 2008.
- [52] Agisoft, „Agisoft PhotoScan User Manual - Professional Edition, Version 1.4”, 2018. https://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_4_en.pdf (elérés jan. 31, 2020).
- [53] M. Abouhawwash és K. Deb, „Karush-Kuhn-Tucker Proximity Measure for Multi-Objective Optimization Based on Numerical Gradients”, in *Proceedings of the 2016 on Genetic and Evolutionary Computation Conference - GECCO '16*, Denver, Colorado, USA, 2016, o. 525–532, doi: 10.1145/2908812.2908893.
- [54] I. M. Stancu-Minasian és St. Tigan, „Multiobjective Mathematical Programming with Inexact Data”, in *Stochastic Versus Fuzzy Approaches to Multiobjective Mathematical*

- Programming under Uncertainty*, R. Slowinski és J. Teghem, Szerk. Dordrecht: Springer Netherlands, 1990, o. 395–418.
- [55] J. Guo, L. Yuan, és Q. Wang, „Time and cost analysis of geometric quality assessment of structural columns based on 3D terrestrial laser scanning”, *Automation in Construction*, köt. 110, o. 103014, febr. 2020, doi: 10.1016/j.autcon.2019.103014.
- [56] J. H. Yousif, S. N. Abdul Majeed, és F. J. I. Al Azzawi, „Web-Based Architecture for Automating Quantity Surveying Construction Cost Calculation”, *Infrastructures*, köt. 5, sz. 6, o. 45, jún. 2020, doi: 10.3390/infrastructures5060045.
- [57] W. Lu, A. Fung, Y. Peng, C. Liang, és S. Rowlinson, „Cost-benefit analysis of Building Information Modeling implementation in building projects through demystification of time-effort distribution curves”, *Building and Environment*, köt. 82, o. 317–327, dec. 2014, doi: 10.1016/j.buildenv.2014.08.030.
- [58] B. Hamidi, T. Bulbul, A. Pearce, és W. Thabet, „Potential Application of BIM in Cost-Benefit Analysis of Demolition Waste Management”, in *Construction Research Congress 2014*, Atlanta, Georgia, máj. 2014, o. 279–288, doi: 10.1061/9780784413517.029.
- [59] K. S. Yen, T. A. Lasky, és B. Ravani, „Cost-Benefit Analysis of Mobile Terrestrial Laser Scanning Applications for Highway Infrastructure”, *J. Infrastruct. Syst.*, köt. 20, sz. 4, o. 04014022, dec. 2014, doi: 10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000192.
- [60] N. R. Goodwin, J. D. Armston, J. Muir, és I. Stiller, „Monitoring gully change: A comparison of airborne and terrestrial laser scanning using a case study from Aratula, Queensland”, *Geomorphology*, köt. 282, o. 195–208, ápr. 2017, doi: 10.1016/j.geomorph.2017.01.001.
- [61] Y. Wang és mtsai., „Is field-measured tree height as reliable as believed – A comparison study of tree height estimates from field measurement, airborne laser scanning and terrestrial laser scanning in a boreal forest”, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, köt. 147, o. 132–145, jan. 2019, doi: 10.1016/j.isprsjprs.2018.11.008.
- [62] „Revit | BIM Software | Autodesk Official Store”. <https://www.autodesk.com/products/revit/overview> (elérés jan. 13, 2021).
- [63] Orthograph, „OrthoGraph, BIM Ecosystem for IWMS and CAFM”, 2020. <https://www.orthograph.com/> (elérés jan. 31, 2020).
- [64] D. T. Kwadjo és mtsai., „From PC2BIM: Automatic Model generation from Indoor Point Cloud”, in *Proceedings of the 13th International Conference on Distributed Smart Cameras*, Trento Italy, szept. 2019, o. 1–6, doi: 10.1145/3349801.3349825.
- [65] S. Ochmann, R. Vock, R. Wessel, és R. Klein, „Automatic reconstruction of parametric building models from indoor point clouds”, *Computers & Graphics*, köt. 54, o. 94–103, febr. 2016, doi: 10.1016/j.cag.2015.07.008.
- [66] P. M. Máder, D. Szilágyi, O. Rák, és I. E. Háber, „Lézeres felmérőeszköz és felmérési módszertan közvetlen építészeti tervezőszoftver kapcsolattal”, *MTK*, köt. 13, o. 122–125, 2020, doi: 10.33895/mtk-2020.13.22.
- [67] J. Chen és mtsai., „Information from imagery: ISPRS scientific vision and research agenda”, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, köt. 115, o. 3–21, máj. 2016, doi: 10.1016/j.isprsjprs.2015.09.008.
- [68] A. Berényi, „Laser scanning in engineering survey — An application study”, *Pollack Periodica*, köt. 5, sz. 2, o. 39–48, aug. 2010, doi: 10.1556/Pollack.5.2010.2.4.
- [69] P. Petteri és M. Matti, „Predicting the Plot Volume by Tree Species Using Airborne Laser Scanning and Aerial Photographs”, *Forest Science*, köt. 52, sz. 6, o. 611–622, dec. 2006, doi: <https://doi.org/10.1093/forestscience/52.6.611>.

- [70] S. K. Filippelli, M. A. Lefsky, és M. E. Rocca, „Comparison and integration of lidar and photogrammetric point clouds for mapping pre-fire forest structure”, *Remote Sensing of Environment*, köt. 224, o. 154–166, ápr. 2019, doi: 10.1016/j.rse.2019.01.029.
- [71] J. O’Driscoll, „Landscape applications of photogrammetry using unmanned aerial vehicles”, *Journal of Archaeological Science: Reports*, köt. 22, o. 32–44, dec. 2018, doi: 10.1016/j.jasrep.2018.09.010.
- [72] R. Ferraby és D. Powlesland, „Heritage and landscape change: Recording, archiving and engaging with photogrammetry on the Jurassic Coast World Heritage Site”, *Proceedings of the Geologists’ Association*, köt. 130, sz. 3–4, o. 483–492, jún. 2019, doi: 10.1016/j.pgeola.2019.02.007.
- [73] A. E. Kenarsari, S. J. Vitton, és J. E. Beard, „Creating 3D models of tractor tire footprints using close-range digital photogrammetry”, *Journal of Terramechanics*, köt. 74, o. 1–11, dec. 2017, doi: 10.1016/j.jterra.2017.06.001.
- [74] M. W. Smith és D. Vericat, „From experimental plots to experimental landscapes: topography, erosion and deposition in sub-humid badlands from Structure-from-Motion photogrammetry”, *Earth Surf. Process. Landforms*, köt. 40, sz. 12, o. 1656–1671, szept. 2015, doi: 10.1002/esp.3747.
- [75] A. M. Cunliffe, R. E. Brazier, és K. Anderson, „Ultra-fine grain landscape-scale quantification of dryland vegetation structure with drone-acquired structure-from-motion photogrammetry”, *Remote Sensing of Environment*, köt. 183, o. 129–143, szept. 2016, doi: 10.1016/j.rse.2016.05.019.
- [76] „1995. évi XCVII. törvény a légitözlekedésről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye”. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99500097.tv> (elérés jan. 20, 2021).
- [77] „EUR-Lex - 32019R0947 - EN - EUR-Lex”. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0947> (elérés dec. 06, 2020).
- [78] Á. Somogyi, T. Lovas, és Á. Barsi, „Comparison of spatial reconstruction software packages using DSLR images”, *Pollack Periodica*, köt. 12, sz. 2, o. 17–27, aug. 2017, doi: 10.1556/606.2017.12.2.2.
- [79] I. Aicardi, F. Chiabrando, A. Maria Lingua, és F. Noardo, „Recent trends in cultural heritage 3D survey: The photogrammetric computer vision approach”, *Journal of Cultural Heritage*, köt. 32, o. 257–266, júl. 2018, doi: 10.1016/j.culher.2017.11.006.
- [80] E. Lu, Z. Zhao, Q. Wang, Y. Liu, és L. Liu, „A weighting intersection point prediction iteration optimization algorithm used in photogrammetry for port hoisting machinery”, *Optics & Laser Technology*, köt. 111, o. 323–330, ápr. 2019, doi: 10.1016/j.optlastec.2018.10.011.
- [81] „3DF Zephyr Manual 4.500 English.pdf”. Elérés: dec. 06, 2020. [Online]. Elérhető: <http://3dflow.net/zephyr-doc/3DF%20Zephyr%20Manual%204.500%20English.pdf>.
- [82] „Agisoft Metashape User Manual - Professional Edition, Version 1.6”, o. 172.
- [83] „Drone Mapping Software | Drone Mapping App | UAV Mapping | Surveying Software | DroneDeploy”. <https://www.dronedeploy.com/> (elérés jan. 16, 2021).
- [84] „Professional photogrammetry and drone mapping software”, *Pix4D*. <https://www.pix4d.com/> (elérés jan. 16, 2021).
- [85] „Phantom 4 - DJI’s smartest flying camera ever.” <https://www.dji.com/hu/phantom-4> (elérés dec. 08, 2020).
- [86] „Coded targets and Scale bars: Helpdesk Portal”. <https://agisoft.freshdesk.com/support/solutions/articles/31000148855-coded-targets-and-scale-bars> (elérés dec. 08, 2020).

- [87] „COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2019/ 947 - of 24 May 2019 - on the rules and procedures for the operation of unmanned aircraft”, o. 27.
- [88] „Drónozás biztonságosan és legálisan szakértőktől”, *Légtér.hu*. <https://legter.hu/> (elérés dec. 08, 2020).
- [89] „iPad (6. generációs) - Technikai adatok”. https://support.apple.com/kb/SP774?locale=hu_HU (elérés dec. 08, 2020).
- [90] W. Zhang és mtsai., „An Easy-to-Use Airborne LiDAR Data Filtering Method Based on Cloth Simulation”, *Remote Sensing*, köt. 8, sz. 6, o. 501, jún. 2016, doi: 10.3390/rs8060501.
- [91] „Housing market prices, housing price index 2020. I. quarter”. <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/lakaspiacar/20201/index.html> (elérés nov. 10, 2020).
- [92] O. Radley-Gardner, H. Beale, és R. Zimmermann, Szerk., *Fundamental Texts On European Private Law*. Hart Publishing, 2016.
- [93] „ingatlan.com - Mindenhol jó, de a legjobb itt vár rád.” <https://ingatlan.com> (elérés nov. 10, 2020).
- [94] B. Kokas, J. Balogh, A. Borsos, G. Medvegy, és B. Bachmann, „Harmonization of Structural and Functional Lifespans of Prefabricated Residential Buildings”, *IJDNE*, köt. 15, sz. 2, o. 161–165, ápr. 2020, doi: 10.18280/ij dne.150204.
- [95] A. Horkai, B. Nemethi, és A. Talamon, „Smart Solutions and Opportunities for District Heating: The Case of Budapest”, *Interdiscip. Descr. Complex Syst.*, köt. 17, sz. 1, o. 78–84, 2019, doi: 10.7906/indecs.17.1.10.
- [96] Tamás C., „Iparosított technológiával létesített lakóépületek energiatudatos felújítása”, o. 130.
- [97] W. Ligęza, „Renovation of Large-Panel Buildings in Context of Urban Renewal/ Remonty Budynków Wielkopłytowych, Jako Element Rewitalizacji Miast”, *Civil And Environmental Engineering Reports*, köt. 17, sz. 2, o. 83–95, jún. 2015, doi: 10.1515/ceer-2015-0024.
- [98] Á. Borsos, „Living spaces — prefabricated apartments”, *Pollack Periodica*, köt. 9, sz. 2, o. 59–66, aug. 2014, doi: 10.1556/Pollack.9.2014.2.6.
- [99] R. Frigyes, „Egyéni interjú az értébecslés folyamatáról és tényezőiről”, nov. 02, 2020.
- [100] OTP Jelzálogbank Zrt., „Egyéni interjú az értébecslés folyamatáról és tényezőiről”, nov. 24, 2020.
- [101] Soós János és Faust Dezső, *Ingatlangazdaságtan*. Budapest: KJK-Kerszöv, 2002.
- [102] *Építőipari költségbecslési segédlet 2020*. Építésügyi Tájékoztató Központ Kft., 2020.
- [103] „Magyar Építész Kamara weboldala”. <http://mek.hu/> (elérés jan. 12, 2021).
- [104] „Magyar Mérnöki Kamara”. <https://www.mmk.hu/> (elérés jan. 12, 2021).
- [105] „Építési Vállalkozók Országos Szövetsége”. <https://www.evosz.hu/> (elérés jan. 12, 2021).
- [106] www.webdesign.hu W. `n D. S.-, „Budapesti Kereskedelmi és Iparkamara”, *Budapesti Kereskedelmi és Iparkamara*. <https://bkik.hu/hu> (elérés jan. 12, 2021).
- [107] „PMKIK - Kezdőlap”. <http://www.pmkik.hu/> (elérés jan. 12, 2021).
- [108] W. K. H. Kft, „147/1992. (XI. 6.) Korm. rendelet az önkormányzatok tulajdonában lévő ingatlanvagyon nyilvántartási és adatszolgáltatási rendjéről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye”. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99200147.kor> (elérés jan. 12, 2021).

- [109] „2.8. A lakások megoszlása komfortfokozat szerint”. https://www.ksh.hu/docs/hun/xtabla/onking/tablonk07_02_08.html (elérés jan. 12, 2021).
- [110] „Kisokos_2019_08_22.pdf”. Elérés: jan. 12, 2021. [Online]. Elérhető: http://www.zalakeramia.hu/upload/files/katalogus/kisokos_2019/Kisokos_2019_08_22.pdf.
- [111] „BS EN 13329:2016+A1:2017 - Laminate floor coverings. Elements with a surface layer based on aminoplastic thermosetting resins. Specifications, requirements and test methods”. <https://shop.bsigroup.com/ProductDetail?pid=000000000030350274> (elérés jan. 12, 2021).
- [112] „MSZ 8865:1987 Bútorok minősítése”. <https://ugyintezes.mszt.hu/Publications/Details/062031> (elérés jan. 12, 2021).
- [113] „Az energetikai tanúsítás menete, és az energetikai tanúsítvány ára”. https://e-tanusitas.eu/energetikai-tanusitvany-arak?gclid=Cj0KCQiA0rSABhDIARIsAJtfCc3o59ah0kBKngj94i9w_lq1b5DJhcuWoaJsG54fdOYMW8xbSpgdIYaAukNEALw_wcB (elérés jan. 24, 2021).
- [114] „Központi Statisztikai Hivatal”. <https://www.ksh.hu/arak> (elérés nov. 10, 2020).
- [115] Magyar Építő, „Miért drága a magyar építőipar?” <https://magyarepitok.hu/aktualis/2019/07/miert-draga-a-magyar-epitoipar> (elérés nov. 10, 2020).
- [116] G. Vukovich és Ungarn, Szerk., *Lakásvizonyok*. Budapest: Központi Statisztikai Hivatal, 2014.

10. PUBLIKÁCIÓS LISTA

10.1. FOLYÓIRAT PUBLIKÁCIÓK, KONFERENCIAKÖZLEMÉNYEK (ABSZTRAKT) ÉS ELŐADÁSOK:

Olivér RÁK, Dorottya SZILÁGYI; PHOTOGRAMMETRY POSSIBILITIES AND RULES FOCUSING ON ARCHITECTURAL USAGE Pollack Periodica 1 pp. 187-196. , 10 p.

DOI: 10.1556/606.2020.15.1.18

Olivér RÁK, Ágnes BORSOS, Péter IVÁNYI ALGORITHM-BASED BIM MODEL ANALYSIS METHODOLOGY AT URBAN LEVEL – Places and Technologies –pp. 305–312, 7p

DOI: 10.18485/arh_pt.2020.7.ch36

Olivér RÁK, Nándor BAKAI, József ETLINGER, Márk Balázs ZAGORÁCZ, Patrik Márk MÁDER, Réka GULYÁS, Alexandra PETŐ Balázs KOKAS, Ágnes BORSOS, Péter IVÁNYI REFURBISHMENT OPTIMIZATION OF PREFAB BUILDINGS FOCUSING ON SURVEYING PROCESSES WITH THE HELP OF BIM - **Befogadás alatt: Építés – Építészettudomány**

Olivér Rák, Ágnes Borsos dr. ,Péter Iványi Prof. dr. LOCATION ANALYSIS METHODOLOGY DEVELOPMENT USING BIM MODEL AND OTHER DIGITAL POSSIBILITIES **Befogadás alatt: Journal of Architectural Engineering**

Olivér Rák, Ágnes Borsos dr. ,Péter Iványi Prof. dr. EXAMINATION OF LARGE-PANEL BUILDING APARTMENTS RENOVATION FOCUSING ON COSTS AND PRICES – **Befogadás alatt: Pollack Periodica**

Patrik Márk MÁDER, **Olivér RÁK**, István Ervin HÁBER CONTEMPORARY ARCHITECTURE BASED ON ALGORITHMS; Vol. 13, No. 3, pp. 53–60

DOI: 10.1556/606.2018.13.3.6

József ETLINGER, **Olivér RÁK**, Márk ZAGORÁCZ, Patrik Márk MÁDER REVIT ADD-ON MODIFICATION WITH SIMPLE GRAPHICAL PARAMETERS; Vol. 13, No. 3, pp. 73–81

DOI: 10.1556/606.2018.13.3.8

Patrik Márk MÁDER, Dorottya SZILÁGYI, **Olivér RÁK**; Tools and methodologies of 3D model-based building survey, Vol. 15 : 1 pp. 169-176. , 8 p.

DOI: 10.1556/606.2020.15.1.16

Máder Patrik Márk, Szilágyi Dorottya, **Rák Olivér**, Háber István Ervin; Lézeres felmérő eszköz és felmérési módszertan közvetlen építészeti tervezőszoftver kapcsolattal; <https://doi.org/10.33895/mtk-2020.13.22>

Máder Patrik Márk, Szilágyi Dorottya, Rák Olivér, Háber István Ervin; Laser survey tool and survey methodology for direct architectural CAD software connection; <https://doi.org/10.33894/mtk-2020.13.22>

Bakai, Nándor ; **Rák, Olivér** ; Zagorác, Márk Balázs ; Füredi, Balázs Possibilities of linking BIM and DfMA methodologies: Literature review

Abstract book for the 16th MIKLÓS IVÁNYI INTERNATIONAL PHD & DLA SYMPOSIUM

Pécs, Magyarország : Pollack Press, (2020) p. 75 Paper: Paper 29

Rák, Olivér ; Zagorác, Márk ; Etlinger, József Traditional and modern measuring tools comparison with the help of BIM

14th International Miklós Iványi PhD and DLA Symposium

Pécs, Magyarország : Pollack Press, (2018) p. 85

RÁK, Olivér ; MÁDER, Patrik Márk ; ETLINGER, József ; EÖRDÖGHNÉ, Miklós Mária ; ZAGORÁCZ, Márk CASE STUDY OF A BIM-BASED POOL DESIGN PROJECT FOCUSING ON HYDRAULICENGINEERING

Abstract book for the 15th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium :
Architectural, Engineering and Information Sciences

Pécs, Magyarország : Pollack Press, (2019) p. 127

RÁK, Olivér; BAKAI, Nándor THE POTENTIAL INHERENT IN BIM-BASED URBAN
MODELS

Abstract book for the 15th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium :
Architectural, Engineering and Information Sciences

Pécs, Magyarország : Pollack Press, (2019) p. 8

RÁK, Olivér; ETLINGER, József ; MÁDER, Patrik THE CURRENT STATE OF THE
PANEL BUILDINGS FOCUSING ON PÉCS

13th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium - Abstract Book : Architectural,
Engineering and Information Sciences

Pécs, Magyarország : Pollack Press, (2017) p. 111.

Rák Olivér Panelépületek felmérése során alkalmazott korszerű technológiák összehasonlítása
BIM módszertan alkalmazásával = BIM supported modern surveying tools comparison
according to a Hungarian case study

XVIII. Szentágotthai János Multidiszciplináris Konferencia és Hallgatói Verseny Absztrakt
kötet XVIII. János Szentágotthai Multidisciplinary Conference and Student Competition Book
of Abstracts

Pécs, Magyarország : János Szentágotthai Scholastic Honorary Society, Faculty of Sciences,
University of Pécs, (2020) pp. 37-38. , 2 p. ISBN: 978-963-429-503-7

Máder, Patrik ; Zagorác, Márk ; **Rák, Olivér** ANALYZING THE REQUIREMENTS AND
THE SOLUTIONS FOR A POINT CLOUD BASED BIM MODEL

12th Miklós Iványi International PhD and DLA Symposium : Architectural, Engineering and
Information Sciences: Abstract Book

Pécs, Magyarország : Pollack Press, (2016) p. 81

Etlinger, József ; Zagorác, Márk ; **Rák, Olivér** ADD-ON MODIFICATION WITH SIMPLE GRAPHICAL PARAMETERS

12th Miklós Iványi International PhD and DLA Symposium : Architectural, Engineering and Information Sciences: Abstract Book

Pécs, Magyarország : Pollack Press, (2016) p. 42

10.2. TOVÁBBI SZAKMAI KONFERENCIA ELŐADÁSOK ÉS TOVÁBBKÉPZÉSEK:

Rák, Olivér BIM SZABVÁNYOSÍTÁS HELYZETE ITTHON ÉS KÜLFÖLDÖN (2019)

előadás, MIK PARTNERS Szakmai Nap

Rák, Olivér BIM MÓDSZERTANOK ALKALMAZÁSA ÉPÜLET FELMÉRÉSEK ÉS ADATFELDOLGOZÁS SORÁN (2019)

előadás, MIK PARTNERS Szakmai Nap

Rák, Olivér ; Máder, Patrik BIM HATÉKONYSÁGA A MÉRNÖKI TERVEZÉSBEN (2017)

előadás, Digitális építőipar konferencia Kecskemét, Megjelenés: Magyarország,

Máder, Patrik Márk ; Szilágyi, Dorottya ; **Rák, Olivér** ; Háber, István Ervin LÉZERES FELMÉRŐ ESZKÖZ ÉS FELMÉRÉSI MÓDSZERTAN KÖZVETLEN ÉPÍTÉSZETI TERVEZŐSZOFTVER KAPCSOLATTAL (2020)

A XXV. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA, előadás az online konferencián, Megjelenés: Románia

Zagorác, Márk ; Etlinger, József ; **Rák, Olivér** V-EDUCA2 NZEB NYÁRI EGYETEM BIM MODUL TOVÁBBKÉPZÉS (2018)

előadás, PTE MIK

Zagorác, Márk ; **Rák, Olivér** A MAGYAR TELEKOM SZÉKHÁZ ÉPÜLETGÉPÉSZETI TERVEZÉSE, MODELLEZÉSE – KIHÍVÁSOK, MEGOLDÁSOK (2018)

Előadás az Új technikák és technológiák az épületgépészetben konferencián, Budapest, 2018.03.28. Megjelenés: Magyarország

Zagorác, Márk; Máder, Patrik Márk ; **Rák, Olivér** HATÉKONYSÁG NÖVELÉSE A TERVEZÉSI FOLYAMATOKBAN A BIM SEGÍTSÉGÉVEL – MAGYARORSZÁGI ESETTANULMÁNYOK (2018)

Plenáris előadás a Pollack Expo rendezvényen, Pécs, 2018.03.01., Megjelenés: Magyarország,

Zagorác, Márk; **Rák, Olivér** ÚJ UTAKON! AZ ÚJ TELEKOM SZÉKHÁZ ÉPÜLETGÉPÉSZETI MODELLEZÉSE (2018)

Előadás a START 2018 Konferencián, Budapest 2018.01.15., Megjelenés: Magyarország

Rák Olivér, Bakai Nándor, Zagorác Márk BIM szakmai továbbképzés a Dél-Dunántúli Építész Kamara részére (2019)

Helyszín: PTE Műszaki és Informatikai Kar 7624 Pécs, Boszorkány u. 2.

Rák Olivér, Bakai Nándor, Zagorác Márk BIM szakmai továbbképzés a Dél-Dunántúli Építész Kamara részére (2019)

Helyszín: Bormúzeum, 7100 Szekszárd, Fürdőház u. 14.

10.3. KONFERENCIA SZERVEZÉSÉBEN VALÓ KÖZREMŰKÖDÉS:

6th International Academic Conference on Places and Technologies (2019)

ISBN 978-963-429-401-6

12th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium (2016)

11. ÁBRA ÉS TÁBLÁZAT JEGYZÉK

1. ábra A házgyárak és a panelüzemek területi elhelyezkedése, kapacitása (lakás/év)[3]	11
2. ábra A pécsi házgyári panelek illesztései 1-4-ig, eredeti 1962-1968 évi megoldások, 5-9-ig, fejlesztett megoldások 1968-tól [5] (1. Külső fal - földem függőleges csomópont; 2. Külső fal - harántfal vízszintes csomópont; 3. Belső fal - földem csomópont; 4. Belső falak vízszintes csomópont; 5. Külső fal - földem függőleges csomópont; 6. Külső fal - harántfal vízszintes csomópont; 7. Belső fal - földem csomópont; 8. Belső falak vízszintes csomópont U kapcsolóbetétes rögzítés; 9. Falsarok vízszintes csomópont)	12
3. ábra Lokáció analízis elemzési metódusait bemutató folyamatábra	18
4. ábra BIM és GIS kapcsolatát bemutató ábra	20
5. ábra Algoritmus működését bemutató ábra (A – panelépületek; B – épületek köré rajzolt körök; C – távolság mérésére alkalmazott körök; D – zöldfelület).....	20
6. ábra A távolság analízis céljából létrehozott algoritmus.....	21
7. ábra Pécs kertváros lokációs térképe.....	28
8. ábra A vizsgálati módszertanok összefüggéseit és a kutatás módszertan kapcsolatait bemutató ábra.....	30
9. ábra A hagyományos (1.), helyszíni modellezés (2.), földi lézerszkennelés (3.), és sztereo-fotogrammetria (4.) felmérési eljárások illusztrációja és a BIM modellezéshez előkészített elemraktár (5.).....	31
10. ábra A számítási folyamat szemléltetése 4 technológia összehasonlítása esetén.....	38
11. ábra Sztereo-fotogrammetriai eljárással készített pontfelhő állományok: A - homlokaz, B - konyha, C - lépcsőház	40
12. ábra Felfedezett eltérések a meglévő tervek és a felmérésből generált BIM modell között	46
13. ábra A felmérési folyamatok módszertani lépései	47
14. ábra Egyszerűsített elvi ábra a szoftver általi kalkuláció folyamatáról.....	50
15. ábra A felmért családi házról generált pontfelhő állomány	53
16. ábra A GPS információkat tartalmazó képek alapján előállított pontfelhő részlet a felmért sorházról.....	54
17. ábra A videóból exportált képek alapján előállított pontfelhő részlet a felmért sorházról 54	
18. ábra Panelépület homlokzati felmérése során fotókból generált pontfelhő állomány.....	55
19. ábra Belső térben való UAV repülés a falgeometriák felmérése céljából.....	55
20. ábra Pontfelhő állományról készített külső, metszeti és részlet nézetek	56
21. ábra Képernyőmentés a tervezett és elvégzett repülésről Litchi applikációban.....	57
22. ábra A területfelmérés során generált sűrű pontfelhő állomány.....	57
23. ábra Magas és alacsony részletességű tömegmodellek	58
24. ábra A felújítás tervezés módszertani ábrája.....	60
25. ábra Felújítási költségek megoszlása panellakások esetén	69
26. ábra Felújítások előkészítésének elvi megközelítése	71
27. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok a boltok távolságára vonatkozóan.....	84

28. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok az oktatási intézmények távolságára vonatkozóan	84
29. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok a buszmegállók távolságára vonatkozóan	84
30. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok a parkolási lehetőségek távolságára vonatkozóan	85
31. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok a zöldterületek távolságára vonatkozóan	85
32. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok a játszótér távolságára vonatkozóan	85
33. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok a bejáráslóközpontok távolságára vonatkozóan	86
34. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok az éttermek távolságára vonatkozóan ...	86
35. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok az épület szerkezeti állapotának fontosságára vonatkozóan	86
36. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok az épület energetia állapotának fontosságára vonatkozóan	87
37. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok az épület gépészeti állapotának fontosságára vonatkozóan	87
38. ábra „Lakásvételi preferenciák” kérdőív adatok az épület lakóközösségének fontosságára vonatkozóan	87
1. táblázat A hazai panelos épületszerkezetek élettartam-értékeinek becslése [3].....	13
2. táblázat A kérdőív összesített átlag és szórás értékei	22
3. táblázat AHP összehasonlítási mátrix a vizsgált kritériumok tekintetében a kérdőív eredmények alapján.....	23
4. táblázat A kritériumok súlyozása és a konzisztencia arány számítása	24
5. táblázat Lokációs értékszámítás a kiválasztott ingatlanok esetén	25
6. táblázat Lokációs mérőszám érték (Ft/m ²) kalkulációja a vizsgált ingatlanok esetén	26
7. táblázat A felmérési technológiák alkalmazását bemutató táblázat a különböző épületrészek esetén.....	34
8. táblázat A költségek relatív értékének kiszámítása az egyes technológiák esetén.....	36
9. táblázat Szükséges képzettségi szintek meghatározása az egyes felmérési technológiákhoz	37
10. táblázat A felmérési és utófeldolgozási idők módszertanok szerinti lebontása a belső terek tekintetében	39
11. táblázat A felmérési és utófeldolgozási idők és a relatív értékek kiszámítása a lépcsőház felmérés esetén.....	40
12. táblázat A felmérési és utófeldolgozási idők és a relatív értékek kiszámítása a homlokzati felmérés esetén	41
13. táblázat A fő kritériumokhoz tartozó relatív értékek meghatározása lakás belső terek esetén	41

14. táblázat Az első SE_i kalkuláció a lakás belső terek felmérése esetén beszerzéssel számolva	42
15. táblázat A második SE_i kalkuláció a lakás belső terek felmérése esetén beszerzéssel számolva a TLS módszertant kihagyva.....	42
16. táblázat A harmadik SE_i kalkuláció a lakás belső terek felmérése esetén beszerzéssel számolva a TLS és a fotogrammetria módszertant kihagyva.....	43
17. táblázat A hatékonyság számítás során felhasznált relatív értékek	44
18. táblázat Összesített adatok a felmérési esettanulmányok alapján	58
19. táblázat Döntéstámogatás összegző táblázata	63
20. táblázat Felújítás trendek meghatározására szolgáló táblázat	64
21. táblázat Felújítási keretösszegek meghatározása az átlag értékek alapján az állapotok viszonyában, normál és lokációs értékkel csökkentett esetekben	66
22. táblázat Példa az egyes helyiségekre vetített mennyiségi értékekre	66
23. táblázat Felújítási összegek kiszámítására alkalmazott táblázat minta	67
24. táblázat A vizsgált lakások helyiségekre és főbb egységekre lebontott költségei.....	68
25. táblázat Példa a lokációs érték pénzbeli értékének kiszámítására – összehasonlító analízis	74
26. táblázat A sztereo-fotogrammetria eszköztárának alkalmazása az épület különböző részein	75
27. táblázat Felmérési eredmények pontosság szerinti százalékos értékelése	75
28. táblázat Lakás belső terek vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök rendelkezésre állás esetén	76
29. táblázat Lakás belső terek vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök rendelkezésre állás esetén	76
30. táblázat Lakás belső terek vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök rendelkezésre állás esetén	77
31. táblázat Lakás belső terek vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök bérlése esetén	77
32. táblázat Lakás belső terek vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök bérlése esetén	78
33. táblázat Lakás belső terek vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök bérlése esetén	78
34. táblázat Lépcsőház vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök beszerzése esetén	79
35. táblázat Lépcsőház vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök bérlése esetén	79
36. táblázat Lépcsőház vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök rendelkezésre állása esetén.....	80
37. táblázat Homlokzatok vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök beszerzése esetén	80
38. táblázat Homlokzatok vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök bérlése esetén	81
39. táblázat Homlokzatok vizsgálata során végzett SE_i számítás az eszközök rendelkezésre állása esetén.....	81

40. táblázat A panellakások felújítási trendmeghatározása során alkalmazott burkoló anyagok összesítő táblázata.....	82
41. táblázat A felújítási munkálatok számított költségvonzata a meghatározott részegységek esetén.....	83