

TÉZISFÜZET

**Szoftver Projekt Ütemezési Problémák
Kiterjesztése a Csoportkiválasztási
Mechanizmusok Vizsgálatára**

Szerző:

HARTA PÉTER

Témavezető:

Prof. Dr. habil. KOSZTYÁN Zsolt Tibor



PANNON EGYETEM

Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola
Kvantitatív Módszer Intézeti Tanszék

2025. Február 26.

1. Bevezetés

A mai világban a szoftverek már vitathatatlanul kulcsfontosságú szerepet játszanak, köszönhetően az automatizáció (4. Ipari Forradalom) elterjedésének (Wankhede and Vinodh 2021). Az együttműködő csapatok által, főként agilis szemléletmóddal elvégzett szoftverfejlesztési projektek esetében napjainkban az autonóm (Hoda et al. 2012, Kanski et al. 2023), kereszt-funkcionális (Gutierrez et al. 2018, Meier and Kock 2023) és diverz csapatokat (Galinsky et al. 2015, Albusays et al. 2021, Guimera et al. 2005) részesítik előnyben.

Az irodalomban a szoftverfejlesztési projekt csapattagjainak a tulajdonságait projekttervezés során már figyelembe vették a Szoftver Projekt Ütemezési Problémák (angol rövidítésből SPSP) keretein belül (Alba and Chicano 2007, Vega-Velázquez et al. 2018, Rezende et al. 2019), amely során modellezték a fejlesztő mérnökök optimális hozzárendelését a projekt feladataihoz a mérnökök képességeit és a projekt erőforrás szükségletét figyelembe véve. Ezen felül az elmúlt években felismerték, hogy a szoftver projektek sikerességére a projektcsapat tagjainak képzettsége mellett a köztük lévő szinergia is erősen hat (Kosztján et al. 2022, Dwertmann et al. 2016, Liemhetcharat and Veloso 2012), amely viszont kapcsolatban áll a munkavállalók puha képességeivel (Pieterse et al. 2018).

Annak ellenére, hogy a szoftver projekt ütemezési problémák széleskörben elterjedtek, az ilyen projektek közel 50 %-a még mindig sikertelennek mondható (VersionOne 2024, Group 2021), köszönhetően az együttműködésből adódó, nem megfelelő csapatstruktúrának (Aryanee et al. 2020, Gilal et al. 2016), az egymást nem kiegészítő csapatszerepeknek (Vishnubhotla et al. 2018, Bell et al. 2018), vagy éppen a képességek dinamikus változásának figyelmen kívül hagyása miatt (Schulze and Brusoni 2022).

Szoftver projektek ütemezése során a csapatok heterogenitását adja a keresztfunkcionalitás okozta képességbeli különbségek, vagy éppen a heterogén csapatszerepek, amelyek konfliktust vagy együttműködést is okozhatnak (Lee et al. 2015, Zainal et al. 2020). Ilyen csapatok heterogén hálózatát már modellezni lehet, építve a különböző emberek tulajdonságaira és a köztük lévő kapcsolatokra. Ezt a szakirodalomban Kosztján et al. (2022) ütemezési modellje írja le. A módszer gyakorlati alkalmazhatósága azonban nagyban javulna, ha a szinergikus hatásokat számszerűsíteni lehetne, valamint a csapatdinamikát jobban leíró puha képességeket is figyelembe lehetne venni. Erre egy lehetséges megoldás, hogy a különböző csapatszerepeket és azok tulajdonságait figyelembe vesszük ütemezés során. Annak ellenére, hogy az agilis és hibrid szemléletmód már több, mint 20 éve a szoftverfejlesztési projektek központi filozófiájává vált, a keresztfunkcionális csapat, mint heterogén szerepekből álló hálózat modellezése a szoftver projektek ütemezése során még nem történt meg. Egy ilyen ütemezési módszerrel már megvizsgálható egy heterogén csapat autonóm szerveződése, vagy a fluktuáció okozta dinamikus változás a csapat képességeit és a különböző csapattagok közti szinergikus hatásokat illetően.

A disszertáció célja így kettős. Egyrészt kidolgozni és javaslatot tenni egy új szoftver

projekt ütemezési módszerre, amely már figyelembe veszi a képesség és személyiség alapú heterogén csapathálózatot. A javasolt módszer megmutatja, hogyan modellezzük a szoftver projekteket, ahol

- el vannak különítve a technikai és szociális képességek,
- a csapat tagjai közti szinergikus kapcsolatok és a heterogén viselkedés típusok / csapatszerepek figyelembe vannak véve, és
- a rugalmas kapcsolatok modellezve vannak.

Másrészt ezen új módszer segítségével megvizsgálni az autonóm csapatszerveződés és a központi csapatszerepek hatékonyságát projekt ütemezés során.

A disszertáció egésze során a projektet külső projektként értelmezem. Ebben a kontextusban két szereplőt lehet megkülönböztetni, úgymint a projektet kezdeményező projekt-tulajdonosi szervezetet (másnéven projekt-tulajdonost vagy vevőt) és a projektet kivitelező projektvégrehajtó szervezetet. Kutatásomat a projektet végrehajtó szervezet szempontjából értelmeztem, azaz a projekt teljesítményének vizsgálatával foglalkozom.

2. Kutatási Kérdések

A téma jelentőségét és a korábban megfogalmazott célkitűzéseket figyelembe véve jelen dolgozat a következő kutatási kérdéseket kívánja megválaszolni:

- KK₁** Hogyan fejleszthető a szoftver projekt ütemezési módszer úgy, hogy egy heterogén hálózatként figyelembe vegye a különböző csapatszerepek és viselkedéstípusok sajátosságait a különböző típusú képességek és szinergikus hatások által kötött és rugalmas környezetben?
- KK₂** Hogyan befolyásolják a központi csapatszerepek, mint egy heterogén hálózat központi egysége a szoftver projektek sikerességét az ütemezésük során?
- KK₃** Hogyan hat az autonóm módon kiválasztott csapat, mint heterogén hálózat a szoftver projektek sikerességére az ütemezésükön keresztül?

3. Szakirodalmi Összefoglaló

A szoftver projekt vezetés fejlődése

A projektek koncepcinális értelmezése az elmúlt, közel 40 év során változásokon ment keresztül (Wawak and Woźniak 2020, Shenhar and Dvir 2007, Görög 2003). Kezdetben a projekt,

mint folyamat hatékonyan leírható volt a hagyományos szemléletmód szerint definiált projekt-háromszöggel (De Wit 1988), azaz a projekt eredményének hatékony létrejöttét a teljesítés minősége, időtartama és költségvonzata foglalta keretbe (Wysocki 2019). Szoftverfejlesztési projektek esetében a projekteredmény specifikálódik, azaz a létrehozandó projekteredmény egy új szoftver, melyet legalább két ember alkot meg (Wysocki 2010). Ezen felfogás mellett a szoftver projekt vezetés feladata a hagyományos megközelítés szerint a projekt idő-, költség és erőforrástervezése volt a projektkontroll mellett, létrehozva egy új szoftvert. Ennek kereteit pedig a tradicionális projekt vezetés (Wysocki 2019) szabta meg, amely megközelítése szerint a projekt életciklusa leírható a vízésés modellel.

A '90-s évek elején azonban két új értelmezés is megjelent, mégpedig a projekteket ideiglenes szervezetként leíró megközelítés (Lundin and Söderholm 1995, Söderlund 2004) és a projekteket a stratégia építőelemeként leíró megközelítés (Cleland 1994). A projekt, mint ideiglenes szervezet szemléletmódja azt feltételezi, hogy a projektet teljesítő szervezet a projekt időtartamára különálló szervezetként tevékenykedik, melyben már szerepet kap a csoport tulajdonságainak és a változásnak a figyelembe vétele is. A projekt, mint a stratégia építőeleme pedig azt feltételezi, hogy a projektek azért alakulnak, hogy a szervezeti stratégiában foglalt kedvező változásoknak keretrendszer biztosítsanak. Mindkét megközelítés változásokat indukált mind a projekt életciklus modelljét, mind a projektek sikerességének értelmezését illetően. Az életciklus elméletek eltolódtak az iteratív és inkrementális megközelítések felé (Wysocki 2010), míg a sikeresség szempontjából új sikerkritériumok, mint a projektszervezet és a projekt érintettjeinek megelégedettsége ráépült a projektháromszögben definiáltakhoz (Görög 2003, Lundin and Söderholm 1995, Wawak and Woźniak 2020). Ez a fejlődés magával vonta a kezdetben a szoftverfejlesztésben kialakult agilis projektvezetési szemléletmódot (Beck et al. 2001), amely olyan iteratív és inkrementális projekt teljesítési keretrendszer fogalmazott meg, mint a SCRUM (Schwaber and Beedle 2001, Meckenstock 2024), amely nagymértékben bevonja a projekt érintettjeit a projektteljesítésbe. Bár ez a szemléletmód már az agilitás, mint fogalom megjelenése előtt is szerves része volt a projektvezetésnek, az agilis kiáltvány (Beck et al. 2001) volt az a mérföldkő, amely ezt keretbe foglalva leírta ezen szemléletmód alapelveit.

Az agilitás népszerűségének és a projekteket értékelő riportokban (VersionOne 2024, Group 2021) az agilitás hatékonyságának bemutatása miatt az agilis megközelítések széles körben elterjedtek az iparban (Salo and Abrahamsson 2008, Gupta et al. 2022). Ez viszont azt vonta maga után, hogy az agilitásra nem kész vagy nem alkalmas szervezetek is belevágtak az agilis transzformációba, amelyek miatt az agilis szemléletű projektek többsége sikertelenül végződött (Group 2015, 2021). Emiatt teret nyertek a hibrid megközelítések, amelyek a tradicionális és agilis szemléletmódokat örvözik (Reiff and Schlegel 2022) és amelyek lehetőséget biztosítanak az agilitás fokozatos és racionális bevezetésére.

Mind az agilis, mind a hibrid megközelítések központjában a szoftverfejlesztő csapat áll (Dybå et al. 2014). Ez olyannyira központi szerepet tölt be, hogy mindkét megközelítés figye-

lembeveszi a csapatsdinamika fontosságát (Meckenstock 2024). Az agilitás egyik fő pillére az autonóm csapatokban rejlik, akik külső közreműködés nélkül szerveződnek feladatokra (Gupta et al. 2022, Schwaber and Beedle 2001). Másrészt viszont ezek az agilis és hibrid megközelítések akkor sikeresek csapat szinten, ha az emberi erőforrás tekintetében stabil vállalat alkalmazza őket, azaz olyan vállalat, amely alacsony fluktuációval rendelkezik. Az szoftveriparban azonban a fluktuáció nem elhanyagolható. Mivel a fluktuáció leginkább a kezdeti projektütemezésre van hatással, így szükséges a szoftver projekt ütemezési módszerek áttekintése is.

Szoftver projektek ütemezése

A szoftverfejlesztési projektek ütemezése lényegében egy NP-nehéz erőforrás-allokációs probléma (Xiao et al. 2013), amely során a megfelelő embert a megfelelő feladat elvégzésére allokáljuk a célfüggvények és korlátok mellett (Alba and Chicano 2007). Kezdetben, amíg csak egycélú optimalizálás volt a cél, addig az erőforrás-korlátos ütemezési problémák hatékonyan leírták ezt a folyamatot (Blazewicz et al. 1983, Hartmann and Briskorn 2022). Ebben a kontextusban szoftverfejlesztés szempontjából különösen érdekes, amikor erőforrásként a csapattagok képességeit tekintjük, legyen az több képesség (angolban Multi-Skilled Resource-Constrained Project Scheduling Problem, rövidítve MS-RCPSP) (Hegazy et al. 2000, Myszkowski et al. 2017) vagy akár több, különböző erőforrás (angolban Multimode Resource-Constrained Project Scheduling Problem, rövidítve MRCPSPP) (Coelho and Vanhoucke 2011), illetve ezek kombinációja (angolban Multi-Skilled, Multimode Resource-Constrained Project Scheduling Problem, rövidítve MS-MRCPSPP) (Maghsoudlou et al. 2016). Ezen problémák mindegyike egy erőforrás-allokációs probléma, amely azt feltételezi, hogy minden tevékenységnek előre meghatározott tevékenység ideje van (Myszkowski et al. 2017). Ezzel szemben a szoftverfejlesztés során a feladatok tevékenység ideje a feladatok képességben kifejezett erőforrásszükséglete és a feladatot elvégző emberek megfelelő képességeinek függvénye. Ezt a problémát írja le az SPSP osztálya, mely a fentiek mellett egy többcélú optimalizáció is, amely célja a hatékony erőforrás-allokáció minimális időtartam és költség mellett (Alba and Chicano 2007, Vega-Velázquez et al. 2018, Rezende et al. 2019). Az SPSP keretein belül számos tényezőt figyelembevettek az optimalizáció során (Vega-Velázquez et al. 2018, Rezende et al. 2019), úgymint a rugalmas feladatokat (Zapotecas-Martínez et al. 2020, Kosztyán et al. 2022), a többképesség esetét (Li et al. 2023), a képességek szintjeit (García-Nájera and del Carmen Gómez-Fuentes 2014), a szinergikus hatásokat a csapatban (Kosztyán et al. 2022) vagy éppen a tanulási folyamatokat (Cheng et al. 2019). Ezen felül számos megoldási algoritmust is kifejlesztettek az NP-nehéz problémára, úgymint a genetikai algoritmust (Deb et al. 2002), hangya-kolónia alapú optimalizációt (Xiao et al. 2013) vagy éppen a szürkefarkas falkát alapul vevő optimalizációt (Alabajee et al. 2021). Ezek közül talán a legfontosabb a disszertáció szempontjából a (Kosztyán et al. 2022) által bemutatott szinergia-alapú szoftver projekt ütemezési probléma (angolul Synergy-based

Software Project Scheduling Problem, rövidítésből SSPSP), amely figyelembeveszi mind a diverz képességeket, mint a rugalmas projekttervezést, mind pedig a csoport hálózatát. Annak ellenére, hogy az SSPSP egy jó módszert ad a csapat erőforrás-allokációjának optimalizálására, nem létezik olyan módszer, amely figyelembe venné a heterogén csapatstruktúrát, a heterogén szerepeket a csapatban és a heterogén szerepek közti hálózat szerepét ütemezés során. Ennek fontossága vitathatatlan abban, hogy megértsünk olyanokat, mint az autonóm csoportszerveződés hatékonysága, vagy a csapat központi egységének hatása a projekt sikerességére.

Egyéni különbségek és csapathálózat

Egy heterogén csapat a különböző képességű és viselkedésű emberek közös cél eléréséért történő szinergikus szervezete (Groysberg et al. 2011, Bell and Outland 2017). A heterogenitás többféleképpen értelmezhető (Jehn et al. 1999). Az emberek közti különbségek lehetnek információ alapúak, ezek lényegében a képességeikből adódóak. Ebben a szemléletben ez lehet a képesség szintjében vagy a képesség fajtájában megmutatkozó. Emellett ugyanolyan fontosak a szociális különbségek, amelyekve a személyiségek vagy viselkedések közti különbségek is beletartoznak. Végül lehet az értékeikben is különbség aszerint, hogy a csapat céljaival mennyire értenek egyet, milyen attitűdök jellemzőek rájuk csapatmunka során (Jehn et al. 1999).

Maga a csapat szerveződése és hálózatának kialakulása is egy folyamat, amely során az egyéni magatartásból kollektív csapatszerepek alakulnak ki. Ezt a szerveződés a Tuckman-modell írja le (Tuckman 1965), amely rávilágít arra, hogy autonóm csapatszerveződés során is bizonyos lépések kellenek ahhoz, hogy az egyénekből csapat, illetve stabil hálózat alakuljon ki. A Tuckman-modell lényegében 5 fő fázisból áll: (1) megalakulás, (2) viharzás, (3) szabályozás, (4) teljesítés, (5) felbomlás. Ha a csapatszerveződésre vetítjük rá, akkor az autonóm csapatszerveződéssel a megalakulás fáziséval egyenlő, ahol az embereket a legjobban a viselkedés típusaik határoznak meg. Ebben a fázisban a hálózat tulajdonságait még rugalmas kapcsolatok alakítják, illetve nincsenek kialakult csapatszerepek. Ezzel szemben egy már megalakult csapat esetében, ahol kialakult egy központi egység is, a szabályozás szakasz lesz a jellemző. Itt alakulnak ki a csapatszerepek is.

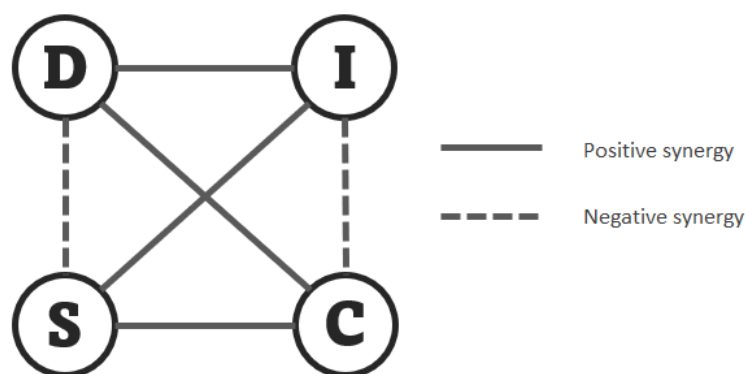
Szoftver projekt ütemezések során gyakran használják csak a képességeket az ütemezésre, figyelmen kívül hagyva az egyes csapatszerveződési szinteket. Ezen képességek általában két csoportba sorolhatók: technikai vagy kemény és szociális vagy puha képességekre (Balcar 2016). A szoftverfejlesztésben a szükséges kemény képességek általában projektfüggők, de gyakorta az egységnyi idő alatt megírt és letesztelt kód vagy a megírt angol nyelvű dokumentum alapján definiálhatók (Matturro 2013, Hidayati et al. 2020). Sokkal nehezebb a puha képességeket számszerűsíteni, viszont a legfontosabb puha képességeket a szakirodalom egy szoftverfejlesztési csapatban úgy definiálja, mint a kommunikáció készség, vezetői készség, csapatjátékos attitűd, problémamegoldási készség, analitikus készség és interperszonális

készség (Hidayati et al. 2020, Matturro 2013, Borges and de Souza 2024).

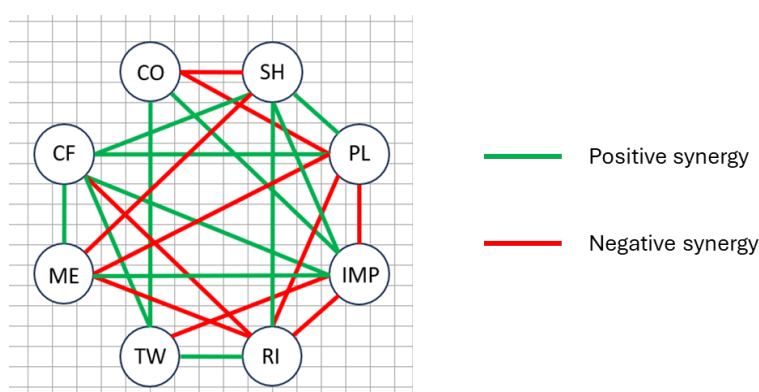
Számos kutató rámutat, hogy a heterogén csapatok eredményesebbek, mint a homogén csapatok (Peslak 2006, Phillips et al. 2009, Bear and Woolley 2011, Galinsky et al. 2015), ugyanakkor sokan ennek ellenkezőjét vonták le következtetésül (Towry 2003, Van Knippenberg et al. 2004, Hamilton et al. 2012, Waleed et al. 2021). Eszerint feltételezhető, hogy a heterogén hálózatban létezhetnek pozitív és negatív kapcsolatok is az egyének között.

A személyre jellemző viselkedési stílusokat és a csapatban kialakult szerepeket már nem veszik ilyen módon figyelembe a szoftverfejlesztési projektek ütemezése során. Az autonóm csapatszerveződés, mivel egy feladat megvalósítására alakul meg, így nincs ideje végigmenni ezen a csapatszerveződési folyamaton. Ekkor a személyek viselkedéstípusa alapvetően meghatározza a köztük lévő szinergikus hatásokat. A viselkedéstípusokat leírhatjuk a DISC féle viselkedéstípus elmélettel (Marston 1928, Lykourantzou et al. 2016, Scullard and Baum 2015). Ez az elmélet 4 klaszterbe osztja az embereket két dimenzió mentén: introvertált-extrovertált (dI-E) dimenzió és feladatorientált-kapcsolatorientált (dF-K) dimenzió. Eszerint négy típus különböztethető meg: (D) domináns (dE, dF), (I) befolyásoló (dE, dK), (S) stabil (dI, dK) és (C) lelkiismeretes (dI, dF). Egyszerűsége és elterjedése miatt a DISC viselkedéstípus elméletet számos helyen használják kisebb agilis csapatok kiválasztására (Diekmann and König 2018, Reynierse et al. 2000, Lykourantzou et al. 2016). Azonban már kialakult csapatok jellemzésére jobban alkalmazható a diverz csapatszerpeket alapuló Belbin féle csapatszerpe elmélet (Belbin 1981). Ez az elmélet 8 (később 9) csapatszerpet különböztet meg a csapatban betöltött funkciójuk alapján, úgymint: (CO) koordinátor, (TW) csapatjátékos, (RI) erőforrás-kereső, (IMP) megvalósító, (CF) befejező, (SH) alakító, (PL) szobanövény, ME (ellenőrző). Belbin ezeket a csapatszerpeket három csoportba sorolta be, úgymint gondolkodás-orientált ("Thinking-oriented") (PL + ME), ember-orientált ("people-oriented") (CO + TW + RI) és akció-orientált ("action-oriented") (SH + CF + IMP) csapatszerpek.

Ahhoz, hogy figyelembe lehessen venni mind a DISC viselkedéstípusokat, mind a Belbin féle csapatszerpeket a szoftver projekt ütemezése során, meg kell határozni a diverzitásukat és együttműködésüket okozó tényezőket. A DISC viselkedéstípusok esetén Scullard and Baum (2015) könyvét és Marston (1928) munkásságát használtam fel, míg a Belbin féle csapatszerpek esetén Belbin (1981) könyve alapján becsültem meg a szinergia-potenciál hálózatot. Eszerint a pozitív szinergia-potenciál alapján azt feltételezzük, hogy a két ember együttes munkája várhatóan nagyobb hozzáadott értékkel rendelkezik, mint kettejük külön munkája. Ezzel szemben a negatív szinergia-potenciál érték ennek ellentéte, azaz két ember ebben az esetben nem hatékony együtt.



1. ábra. A becsült szinergia-potenciál hálózat a DISC viselkedéstípusok között

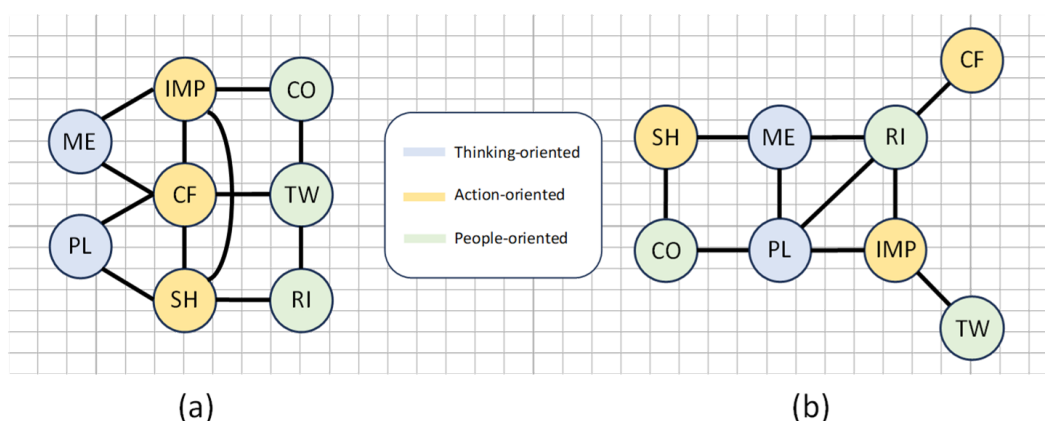


2. ábra. A becsült szinergia-potenciál hálózat a Belbin féle csapatszerepek között

Visszaulva arra a szakirodalmi ellentmondásra, miszerint a heterogenitás pozitív és negatív hatással is lehet a csapat teljesítményére, a 1. ábra és a 2. ábra egy lehetséges magyarázatot ad erre az ellentmondásra. Ugyanis ez a képességalapú és személyiségalapú heterogenitás együttesen képes befolyásolni a csapat sikerességét (Lee et al. 2015, Zainal et al. 2020).

Eszerint a heterogén csapat lehet képességben vagy személyiségben heterogén. A fenti példák esetében a személyiségben heterogén csapat kiválasztása a DISC viselkedéstípusokkal vagy a Belbin féle csapatszerepekkel elérhető és modellezhető. A képességben heterogén csapatot keresztfunkcionális csapatnak hívjuk, amely az agilis és hibrid megközelítések egy másik alappillére (Kaliprasad 2005). Így egy hatékony agilis vagy hibrid környezetben működő csapat kiválasztása során fontos szempont a keresztfunkcionalitás és a autonómia megléte is (Beck et al. 2001, Hoda et al. 2010, Dingsøyr and Dybå 2012, Meslec and Curşeu 2015). Amennyiben ez a csapat, vagy bármilyen más csapat a későbbiekben a szabályozás szakaszába ér, úgy pedig fontossá válik a csapat stabilitásának megőrzése is, amely szinten a kiválasztási folyamat már nem a szó szoros értelmében kiválasztás lesz, hanem a csapat tagjainak hatékony allokálása a projekt feladatainak elvégzésére. Mind az autonóm keresztfunkcionális csapat kiválasztása, mind pedig a központi egységgel rendelkező csapat hatékony allokálása megvalósítható lehet, ha az SSPSP keretrendszere integrálva van a személyiségtípus elméletekkel

(ebben az esetben viselkedéstípus elmélet és csapatszerep elmélet). Az autonóm csapatki-választás a DISC viselkedéstípusokat kihasználva modellezhető, ugyanis maga az autonóm csapatkialakulás során még nem alakulnak ki csapatszerepek, hanem a csapat tulajdonságait a tagjai viselkedése befolyásolja. Ellenben a már kialakult csapat központi egységének hatása a Belbin féle csapatszerepekkel jól modellezhető, ugyanis feltételezhető, hogy ilyen esetben már kialakultak stabil csapatszerepek. Emellett erős érv a Belbin csapatszerepek mellett, hogy a szinergia-potenciál hálózatuk pozitív kapcsolatait figyelembe véve az akció-orientált csoport központi szerepet tölt be (3. ábra).



3. ábra.

Pozitív (a) és negatív (b) szinergikus kapcsolatok a Belbin féle csapatszerepek között. Kékkel a gondolkodás-orientált, sárgával az akció-orientált és zölddel az ember-orientált csoportok tagjait jelöltem. (a) esetben a folytonos vonalak a pozitív szinergikus kapcsolatokat, míg (b) esetben a negatív szinergikus kapcsolatokat ábrázolja.

3.1. Kutatási Feltételezések

A szakirodalmi háttérre támaszkodva a következő három kutatási feltevést fogalmaztam meg (KF_1 , KF_2 , KF_3), a kutatási kérdéseimnek megfelelően (KK_1 , KK_2 , KK_3):

- KF_1** Az SSPSP módszer kiterjeszthető, hogy figyelembe vegye a Belbin féle csapatszerepeket és a DISC viselkedés típusokat a különböző szerepű csapattagok közti szinergikus hatásokon, valamint a technikai és szociális képességeiken keresztül egy rugalmas szoftverfejlesztési környezetben.
- KF_2** A szoftver projekt csapatok központi csapatszerepei pozitívan hatnak a projektek sikerességére, ezáltal fokozzák a teljesítményt a kiterjesztett SSPSP célfüggvényei és korlátai mellett.
- KF_3** Az autonóm módon kiválasztott csapat pozitívabban hat a szoftver projektek sikerességére, szemben a dedikált vezetővel rendelkező csapatokkal és eredményesebbek a kiterjesztett SSPSP célfüggvényei és korlátai mellett.

4. Eredmények

KK₁ *Hogyan fejleszthető a szoftver projekt ütemezési módszer úgy, hogy egy heterogén hálózatként figyelembe vegye a különböző csapatszerepek és viselkedéstípusok sajátosságait a különböző típusú képességek és szinergikus hatások által kötött és rugalmas környezetben?*

A módszer fejlesztéséhez választott alapmódszernek a Kosztyán et al. (2022) munkájában bemutatott SSPSP keretrendszerét választottam, mivel ez állt a legközelebb a kívánt módszerhez. Az adatok tárolásához szintén Kosztyán et al. (2022) munkájában bemutatott synergy mapping modellt (SMM) használtam.

A 1 fejezetben ismertetett célkitűzések alapján először a puha képességek figyelembe lettek véve. Ebben az esetben az alapmodellben szereplő képességek ($[s]$) vektorát bontottam fel kemény ($[s_h]$) és puha ($[s_s]$) képességvektorokra. Az ($[s_h]$) vektor értékei additívak, míg az ($[s_s]$) vektor értékei nem attitív értékek, így például ezen képességek átlagának nincs értelme. Így a módosított SMM mátrix nagysága $m + n \times m + s_h + s_s + n + 1$, ahol m az emberek számát, n a projekt feladatainak számát, s_h a kemény képességek számát és s_s a puha képességek számát adja meg.

		Synergy Domain (Y)					Skill Domain (S)				Matching Domain (M)						C	
		e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	s_1	s_2	s_3	s_4	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6		
Positive synergy	e_1	1.0	1.2	0.8	1.0	0.8	1	1	0.4	0.6	1.0						5.0	e_1
	e_2	1.2	1.0	1.0	1.2	1.1		2	0.8	0.9	0.8	1.0					6.0	e_2
	e_3	0.8	1.0	1.0	0.9	0.9			0.9	1.0			0.3				2.0	e_3
	e_4	1.0	1.2	0.9	1.0	1.1		4						1.0	0.4		3.0	e_4
	e_5	0.8	1.1	0.9	1.1	1.0		2		0.7					0.7	0.3	5.0	e_5
No synergy	a_1	?	?				1	2	3.2	1.3	0.9 (?)	1.0					0.0	a_1
	a_2		?					1	2.4	1.2		1.0	1.0	1.0			?	a_2
	a_3			?			1	2	2.1	2.4			1.0	1.0	0.9 (?)		?	a_3
	a_4				?		1	2	2.2	2.3				0.8 (?)	1.0		?	a_4
	a_5				?	?	1	1	2.2	1.2					1.0	1.0	?	a_5
	a_6					?		1	4.2	2.1						1.0	?	a_6
		e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	w_1	w_2	w_3	w_4	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6		T
Output Domain (O)							Skilled Works Domain (W)				Logic Domain (A)							

4. ábra. A módosított SMM mátrix

Másodsorban a viselkedéstípusok és személyiségjegyek közti szinergia-potenciál értékeket a modell "Synergy Domain (Y)" tartományában tároltam, amely mátrixnak csak a felső háromszögmátrixra releváns a duplikációk miatt (az alsó háromszögmátrix a felső transzpónáltja). Itt az érték 1 feletti, ha pozitív és 1 alatti, ha negatív szinergikus kapcsolat feltételezett,

és 1-gyel egyenlő, ha nincs a két egyén között szinergikus hatás. A modellben az additív képességek az adott feladatot elvégző emberek közti szinergikus hatások geometriai átlagával súlyozódnak, így j -dik képességek tekintve:

$$S_j^\varepsilon := \bar{Y}_\varepsilon \cdot \sum_{i \in \varepsilon} [S]_{ij} \quad (1)$$

ahol $\bar{Y}_\varepsilon$ a *geometriai átlaga* a ε csoportban résztvevők (akik a projekt adott feladatán közösen dolgoznak) szinergiáinak:

$$\bar{Y}_\varepsilon := \begin{cases} 1 & \text{ha } |\varepsilon| \leq 1 \\ \sqrt[\eta]{\prod_{i,j \in \varepsilon, i < j} [Y]_{i,j}} & \text{ahol } \eta = \frac{|\varepsilon| \cdot (|\varepsilon| - 1)}{2} \quad \text{ha } |\varepsilon| > 1 \end{cases} \quad (2)$$

Harmadik célkitűzésként a modell "Logic Domain (A)" részében modelleztem a logikai kapcsolatokat a feladatok között. Eszerint meg lehet különböztetni kötelező (ha $[A]_{ii} = 1$) és kiegészítő (ha $[A]_{ii} < 1$) feladatokat. Ezen felül be lehet mutatni kötött (ha $[A]_{ij} = 1$), illetve rugalmas (ha $[A]_{ij} < 1$) rákövetkezéseket is.

Ezenkívül az SMM modell "Matching Domain (M)" része tárolja az egyes munkavállalók munkaterhelését egy adott feladatra, amely $]0, 1[$ intervallumban vehet fel értékeket. Eszerint a i -dik munkavállaló k -dik feladatot $[M]_{ik}$ munkaidejével tudja támogatni. A projekt feladatának végrehajtásához szükséges additív és nem additív képesség mennyiséget a "Skilled Work Domain (W)" foglalja össze. Az optimális erőforrás-hozzárendelés kódolása az "Output Domain (O)" mátrixban realizálódik, amely a Matching Domain-hez hasonlóan $]0, 1[$ értéket vehet fel attól függően, hogy a hozzárendelés eredményeként melyik munkavállaló melyik feladatot, szabad kapacitásának mekkora arányában hajtja végre.

Az optimális hozzárendelés során mind az átfutási idő (TPT), mind a projekt összköltsége (TPC), mind pedig a projekteredmény (TPS) szerint optimalizáltam, multi-objektív optimalizálást hajtva végre. A TPT és a TPC is függvénye a feladatok elvégzéséhez szükséges maximális munkaerő-ráfordításnak ($([W]_{jk})$), az összes optimálisan hozzárendelt munkavállaló képességeinek ($([S]_{ik} * [O]_{ji})$), valamint a munkavállalók közti szinergikus hatásokkal ($\bar{Y}_{\varepsilon_j}$), ha azokat figyelembe vesszük. Továbbá a TPC még függvénye egy $[C]$ fizetési vektornak is, amelyben kódolni lehet az egyes munkavállalók fizetéseit.

Mivel a probléma NP-nehéz, így a megoldására hibrid genetikus algoritmust használtam. Ez egy kétlépéses megoldási módszer, amely első lépésben genetikus algoritmussal kiválasztja a lehetséges megoldások egy halmazát, majd a második lépésben alkalmazott Nelder-Mead módszerrel megtalálja a célfüggvények szerinti legjobb megoldást. Ebben fő különbség Kosztyán et al. (2022) munkájához képest, hogy a genetikus algoritmus multikromoszómájában kódolva lett a lehetősége egy adott kiválasztási módszer kiválasztásának

több csapatkiválasztási módszert tartalmazó halmazból. Ahhoz, hogy a genetikus algoritmus megfelelő pontossággal működjön, a "Design of Experiments (DoE)" módszerrel hiperparamétereztem azt. Eszerint a következő hiperparaméter értékekkel használtam a genetikus algoritmust:

Operátorok	Paraméterek
Populáció mérete	250
Kromoszómák csoportjai	4
Körmérkőzéssel kiválasztás mérete	9
Elit egyedek száma	0.05
Keresztezési arány	0.82
Kromoszómák aránya a keresztezésben	0.88
Egy gén mutációjának valószínűsége egy kromoszómában	0.05
A migrált kromoszómák maximális aránya	0.09
Tűréshatár	10^{-8}
Maximális iteráció	150

1. táblázat. A genetikus algoritmus hangolt hiperparaméterei

A módszer megbízhatósága Myszkowski et al. (2019) validált adatbázisán is meg lett vizsgálva és összehasonlítva más, hasonló optimalizálási módszerekkel. Ezek a módszerek (1) az egyszerű átfutási-idő orientált heurisztikus algoritmus (Myszkowski et al. 2013) ; (2) az átfutási-idő orientált mohó algoritmus; (3) a metaheurisztikus hangya kolónia algoritmus (ACO); és (4) a módosított, hibrid hangya kolónia algoritmus (HAntCO), ahol a (2-3-4) módszerek leírását Myszkowski et al. (2015) írja le. Az eredményeket a Táblázat foglalja össze. Itt megjegyzendő, hogy az iMopse adatbázisban szereplő projektek nem veszik figyelembe a szinergikus hatásokat, a rugalmas feladat kapcsolatokat, a készségteljesítményeket és a hozzárendelési arányokat.

2. táblázat. MS-RCPSP módszerek összehasonlítása (n feladatok száma, e munkavállalók száma, p rákövetkezési relációk száma, s képességek száma, TPT a projekt összes átfutási ideje, TPC a projekt összes költsége.

n	e	p	s	TPT	Heuristic		Greedy		ACO		HAntCO		original SSPSP		modified SSPSP	
					TPC	TPT	TPC	TPT	TPC	TPT	TPC	TPT	TPC	TPT	TPC	TPT
100	10	26	15	37	126361	38	119336	32	124687	31	126216	35	124168	35	124154	
100	10	27	9	38	44309	38	43438	34	44999	33	42199	37	43756	36	43750	
100	10	47	9	41	142759	40	135161	36	143100	34	140865	38	140483	38	140489	
100	10	48	15	36	135534	44	120664	33	133062	33	133495	37	130698	37	130693	
100	10	64	9	39	113124	43	117993	35	110643	33	113774	38	113898	38	113892	
100	10	65	15	40	152955	43	140782	35	150294	32	149185	38	148305	38	148313	
100	20	22	15	25	117493	24	112135	20	120949	19	123642	22	118568	23	118556	
100	20	23	9	32	53154	32	50279	32	52119	23	53358	30	52235	31	52242	
100	20	46	15	28	138270	29	133739	25	138565	24	138568	27	137286	27	137294	
100	20	47	9	21	129160	28	140626	21	124817	18	134312	22	132235	22	132247	
100	20	65	15	32	110503	34	118569	27	109831	27	108991	30	111987	31	111974	
100	20	65	9	25	127149	24	124291	23	130934	21	126659	24	127267	23	127261	
100	5	20	9	57	40539	55	40958	50	41029	53	40811	55	40841	55	40849	
100	5	22	15	63	119266	77	128354	60	119434	60	119158	65	121570	65	121555	
100	5	46	15	75	202238	80	202607	67	204110	67	204730	72	203422	73	203437	
100	5	48	9	72	193383	78	196893	62	191712	62	191888	69	193471	69	193487	
100	5	64	15	71	141407	66	141882	62	144972	61	143956	65	143068	65	143073	
100	5	64	9	71	102439	67	107014	61	102777	61	101297	65	103385	66	103399	
200	10	128	15	71	180812	78	198378	62	178264	60	178375	68	183960	68	183969	
200	10	135	9	216	105593	216	93426	216	99375	186	103561	209	100508	209	100492	
200	10	50	15	66	189660	75	183673	63	191856	62	190956	67	189042	67	189045	
200	10	50	9	66	251158	70	250732	65	250075	64	250850	67	250721	67	250717	
200	10	84	9	70	224121	66	222976	69	226666	66	222655	69	224121	68	224110	
200	10	85	15	65	304277	68	301357	61	306949	62	302064	65	303677	64	303682	
200	20	145	15	36	275983	46	277097	36	278199	35	272504	39	275947	39	275956	
200	20	150	9	183	92821	183	95667	186	91461	177	92567	183	93146	183	93143	
200	20	54	15	37	295786	41	290656	39	299993	34	298822	38	296334	39	296330	
200	20	55	9	37	230150	37	232766	38	231094	36	223879	38	229484	38	229486	
200	20	97	15	49	290399	69	346527	42	280951	42	277860	51	298948	51	298935	
200	20	97	9	35	273378	43	282379	37	275819	35	278797	38	277608	38	277596	
200	40	130	9	112	101879	112	90907	112	94488	108	104965	112	98066	112	98079	
200	40	133	15	24	276456	23	279170	27	281933	24	279073	25	279167	25	279178	
200	40	45	15	31	260738	32	269623	25	248717	23	256687	29	258946	28	258942	
200	40	45	9	22	270758	23	276416	26	273632	25	270428	25	272819	24	272824	
200	40	90	9	24	290028	20	294909	26	287694	24	298340	24	292752	24	292758	
200	40	91	15	19	249909	35	250843	25	257927	23	241492	26	250059	26	250049	
Mean:					54.61	176498.58	57.69	178117.31	51.94	176197.97	49.39	176027.19	53.92	176719.25	53.83	176719.44

A kutatás első feltételezése (KF₁) szerint "Az SSPSP módszer kiterjeszthető, hogy figyelembe vegye a Belbin féle csapatszerepeket és a DISC viselkedés típusokat a különböző szerepű csapattagok közti szinergikus hatásokon, valamint a technikai és szociális képességeiken keresztül egy rugalmas szoftverfejlesztési környezetben". A 2. táblázat alapján az új módszer megfelelő pontossággal képes megtalálni a legjobb megoldást szoftver projektek ütemezése során.

Mivel a validált IMopse adatbázis speciális tulajdonságai miatt limitálva tudtam csak igazolni az új módszer pontosságát és alkalmazhatóságát, így szükséges a módszer validálása empirikus adatokon.

KK₂ *Hogyan befolyásolják a központi csapatszerepek, mint egy heterogén hálózat központi egysége a szoftver projektek sikerességét az ütemezésük során?*

KK₃ *Hogyan hat az autonóm módon kiválasztott csapat, mint heterogén hálózat a szoftver projektek sikerességére az ütemezésükön keresztül?*

A fenti két kutatási kérdés megválaszolására több esetet vizsgáló esettanulmányt készítettem (Yin 2009), ezzel nemcsak a kutatási kérdéseket megválaszolva, hanem empirikusan visszaellenőrizve a kifejlesztett modell helyességét. A kutatást a veszprémi telephelyű Continental Automotive Hungary Kft R&D részlegénél készítettem, amely közel 500 munkavállalót foglalkoztat szoftverfejlesztési területen. A kutatás összefoglalását a 3 táblázat foglalja össze.

3. táblázat. Az esettanulmány riportja

Időtartam	Folyamat	Részletes leírás
2022 Október - 2023 Március	Az elmélet megformálódása	Ebben a periódusban alkottam meg az új SSPSP modellt és fogalmaztam meg a kutatási kérdéseket a központi egység hatásának és az autonóm csapatszerveződés hatékonyságának vizsgálatára.
2023 Április - 2023 December	Az eset azonosítása és vizsgálata	A szakirodalom vizsgálatával definiáltam a KF ₂ és KF ₃ feltételezéseket. Ennek megfelelően két esetet vizsgáltam: az első eset során 8, míg a második eset során 4 munkavállalót vontam be, akik megfeleltek a kritériumoknak. Az adatgyűjtés módszerét a 4. táblázat foglalja össze. A megfelelő adatokkal felparamétereztem az új SSPSP módszert, amelyet utána Matlab környezetben futtattam.
2024 Január - 2024 Május	Az eredmények vizsgálata	Ebben a periódusban statisztikai módszerekkel elemeztem a szimulációs eredményeket és levontam a megfelelő következtetéseket.
2024 Június - 2024 Augusztus	Az eredmények visszamérése és validálása	Empirikus adatokon, résztvevői megfigyelés módszerét alkalmazva visszamértem a szimuláció pontosságát. Az első esethez 47, míg a második esethez 20 szoftverfejlesztőt vontam be, akik fél-fél napos csapatmunka során, a Mályvacukor kihíváson keresztül reprezentálták a szimulációs csapatok struktúráját.

A résztvevőknek az alábbi feltételeknek kellett megfelelniük, hogy részt vehessenek a vizsgálatban:

- az elmúlt 6 hónapban részt vettek külső cég által szervezett DISC vagy Belbin tréningen, ahol dokumentálták a típusaikat
- az elmúlt 1 évben dolgoztak közösen projekteken, ahol legalább 10 közös feladatuk volt
- az elmúlt 1 év belső adatait felhasználva visszamérhetőek voltak a kemény képességeik

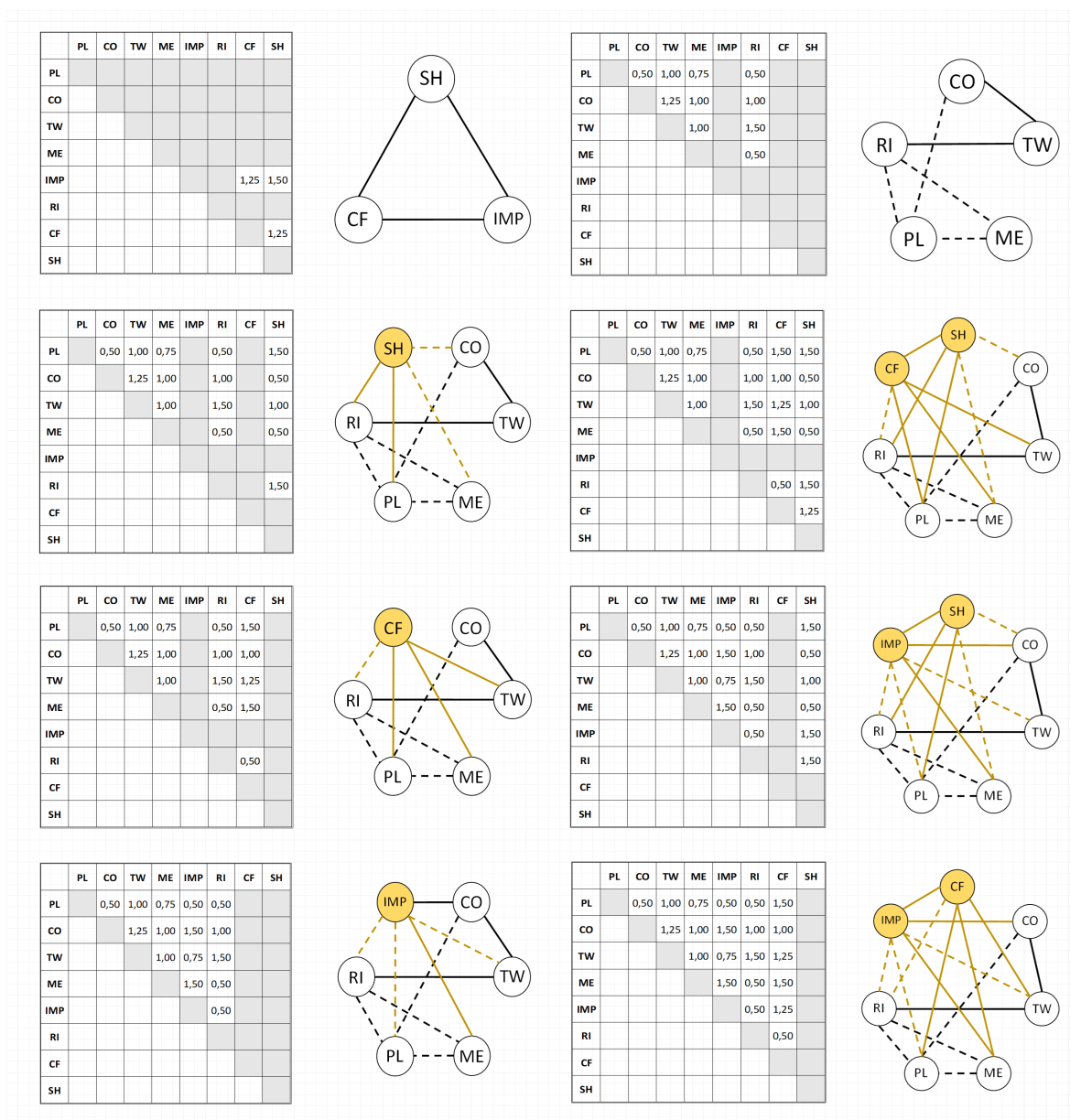
A 4 táblázat foglalja össze az adatgyűjtés során használt forrásokat.

4. táblázat. Adatforrások

Adatforrás	Részletek
Tréning anyag	A szimulációhoz külsős cég által a HR osztálynak átadott 8 Belbin tréning anyag és 4 DISC tréning anyag lett bekérve. Ezen felül a validációhoz még 20 DISC tréning anyag lett bekérve
Belső adatbázis	A kemény képességek számszerűsítésére belső adatbázist használtam
A szimulációhoz használt kérdőív	A 8 Belbin csapatszerep és a 4 DISC viselkedéstípus puha képességeinek mérésére a HR osztállyal közösen összeállított Likert skála alapú kérdőívet használtam
A csapatszerepekhez szükséges kérdőív	A különböző személyek csapatszerepének meghatározására 120 Belbin féle csapatszerep tesztet töltöttem ki, majd abból 47-t kiválasztva határoztam meg a validációhoz szükséges résztvevőket
Interjúk	A 8 Belbin és az 5 DISC csapat meg lett interjúvolva a validáció során bemutatott csapatmunkájuk értékelése érdekében

A KK₂ megválaszolására a Continental R&D részlegén általánossá vált tradicionális projektmenedzsment szemléletmódot követő projekt keretein belül került sor. A további szimulációs adatokat 8, különböző Belbin csapatszerepű munkavállaló adatain keresztül adtam meg. Ebben az esetben a Belbin féle csapatszerepek segítségével vizsgáltam az akció-orientált csoport hatását a projektek sikerességére. Így 8, különböző csapatstruktúrát hasonlítottam össze szimuláció útján, melyeket az 5. ábra mutat be. A szimulációval így összesen 115,200 esetet vizsgáltam. A nem paraméteres statisztikai elemzések igazolták a különböző csapatstruktúrák különböző teljesítményeit. Így össze lehetett hasonlítani azokat az eseteket, amikor a különböző Belbin akció-orientált csoporttagok csatlakoznak a Belbin csapat gondolkodás-orientált és ember-orientált csoportjaihoz. A KK₂-ra adott szimulációs eredményeket összefoglalóan a 7. és 8. ábrákon mutatok be. Az eredmények validálásának összefoglalása a 5. táblázatban olvasható.

A KK₃ vizsgálatát a Continental R&D részlegén újonnan bevezetett agilis szemléletmódú projektjein vizsgáltam, ahol a DISC viselkedéstípusokat figyelembe véve vizsgáltam az autonóm csapatkiválasztás hatékonyságát. A szimulációs adatok közül a projektre releváns adatokat egy agilis projekt egy sprintje alapján határoztam meg. A további szimulációs adatokhoz 4, különböző DISC viselkedéstípussal rendelkező személy adatait használtam fel. Ez alapján 1 önszerveződő és 4 dedikált vezetővel rendelkező csapatstruktúrát különítettem el (6. ábra). A szimulációval így összesen 432,000 esetet vizsgáltam. A paraméteres statisztikai elemzések igazolták a különböző csapatstruktúrák különböző teljesítményeit, melyeket összefoglalóan a 10. ábrán mutatok be. Az eredmények validálásának összefoglalása a 6 táblázatban olvasható.



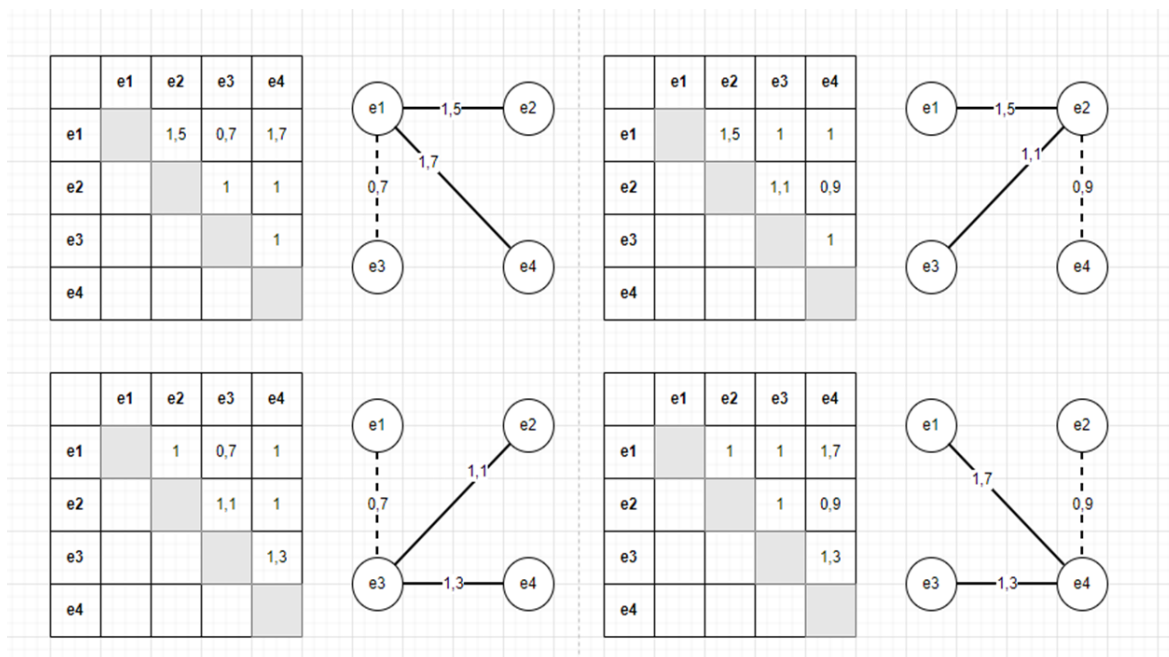
5. ábra.

A lehetséges Belbin csapatstruktúrák

A Belbin féle csapatszerkepek rövidítései sorban: SH - "Formáló", CF - "Befejező", IMP - "Megvalósító", CO - "Koordinátor", RI - "Erőforrás-kereső", PL - "Szobanővény", ME - "Ellenőrző"

Az ábrán a negatív szinergikus kapcsolatok szaggatott vonalla, míg a pozitív szinergikus kapcsolatok folytonos vonallal vannak jelölve

Narancssárgával vannak megjelölve az akció-orientált csoport tagjai, akik csatlakoznak a meglévő Belbin csapathoz, valamint az újonnan kialakított szinergikus kapcsolataik is.



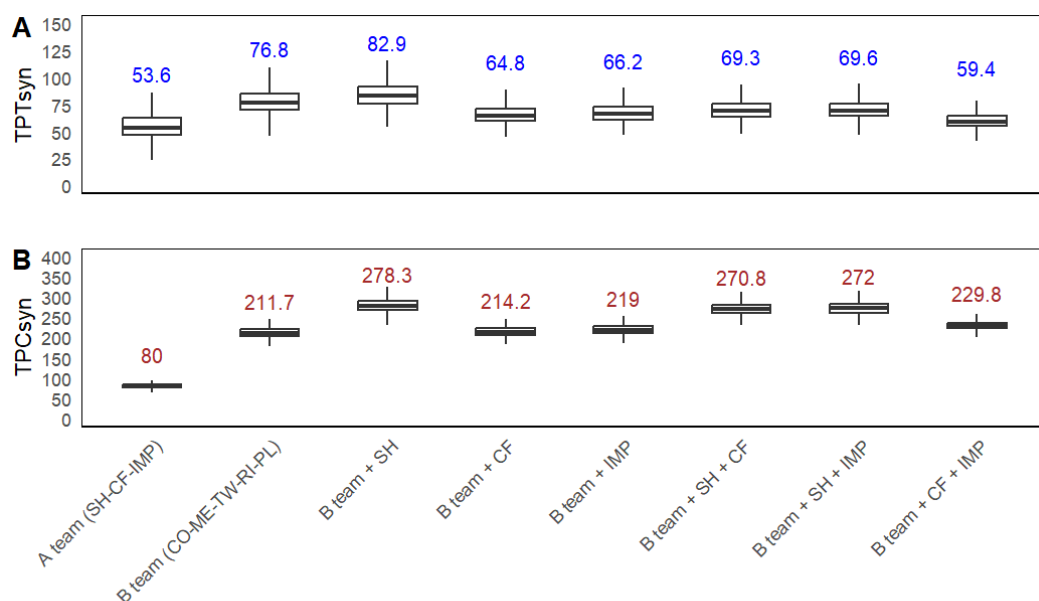
6. ábra.

A lehetséges DISC csapatstruktúrák

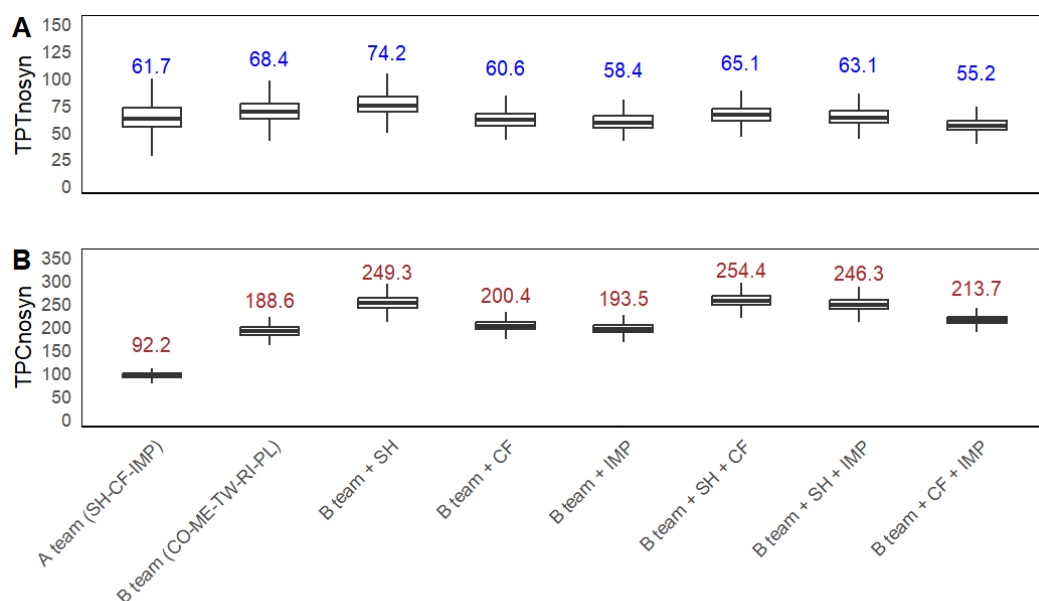
A DISC viselkedéstípusokat figyelembevéve az egyes csapattagok viselkedéstípusai a következők: e1 - domináns, e2 - befolyásoló, e3 - stabil, e4 - lelkiismeretes

Az ábrán a negatív szinergikus kapcsolatok szaggatott, míg a pozitív szinergikus kapcsolatok folytonos vonallal vannak jelölve.

A 7. ábra alapján a Belbin féle csapatstruktúrák közül a legalacsonyabb átfutási időt (TPT_{syn}) (53.6) és a legjobb projekt összköltséget (TPC_{syn}) (80) a tisztán akció-csoport (A team) érte el, ha a szinergikus hatásokat figyelembevettem. A szinergikus hatások figyelembe vétele nélkül (8. ábra) viszont a "B team + CF + IMP" nevű csoport érte el a legjobb átfutási időt (TPT_{nosyn}) (55.2), viszont a projekt összköltségét (TPC_{syn}) illetően az akció-csoport itt is jobb eredményt ért el (92.2). Ez lényegében azt jelenti, hogy a szinergikus hatások figyelembevétele nélkül a Belbin féle csapatszerepek a SH csapatszerep kihagyásával sikeresebbek lehetnek, ha csak az átfutási időt tekintjük. Viszont szinergikus hatásokat figyelembe véve az akció-orientált csoport (A team) kellően hatékony egy projekt elvégzéséhez. Legrosszabb értékeket minden esetben azok a csoportok értek el, ahol az SH csapatszerep is jelen volt. Viszont ahol már az akció-orientált csoport egy tagja is csatlakozott a csapathoz, ott az átfutási idő csökkent ahhoz képest, amikor az adott akció-orientált csoporttag nem volt a csapat része.

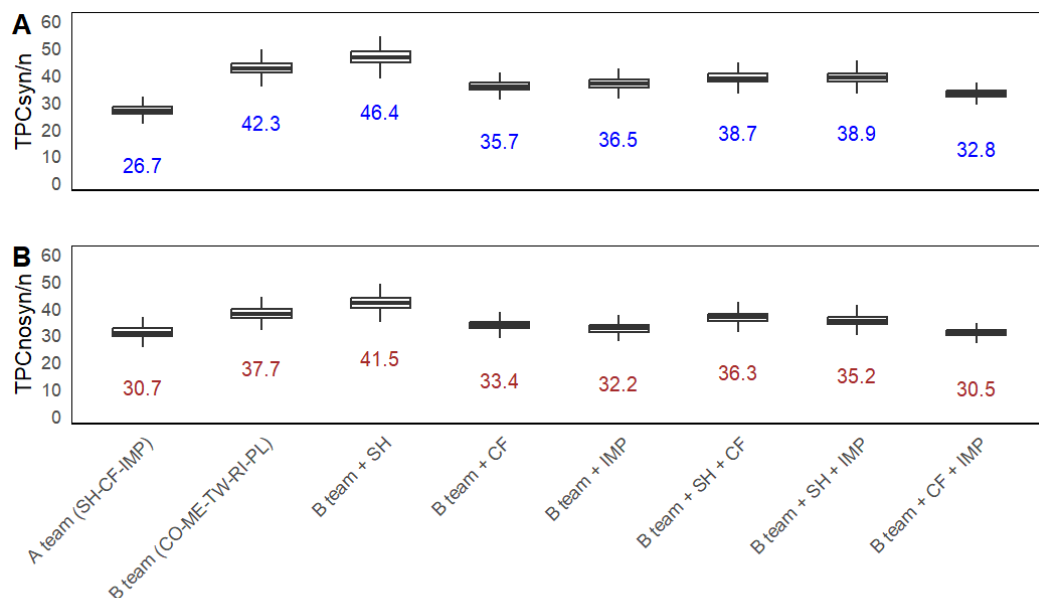


7. ábra. A különböző kiválasztási módszerekkel elért csapatkiválasztások TPT és TPC értéke figyelembe véve a szinergikus hatásokat. **A** a TPT_{syn} és **B** a TPC_{syn} értékét jelöli



8. ábra. A különböző kiválasztási módszerekkel elért csapatkiválasztások TPT és TPC értéke elhagyva a szinergikus hatásokat. **A** a TPT_{nosyn} és **B** a TPC_{nosyn} értékét jelöli

Mivel azonban a csapatok különböző létszámúak (3, 5, 6 vagy 7), így a projekt összköltség tekintetében, ami függ a létszámtól, érdemes annak az emberek számával normált értékével összehasonlítani a csapatokat (9. ábra). Ez azért fontos, hogy az egy egységre jutó projekt összköltség alapján eldönthessük, hogy érdemes-e egy új csapattagok alkalmazni.

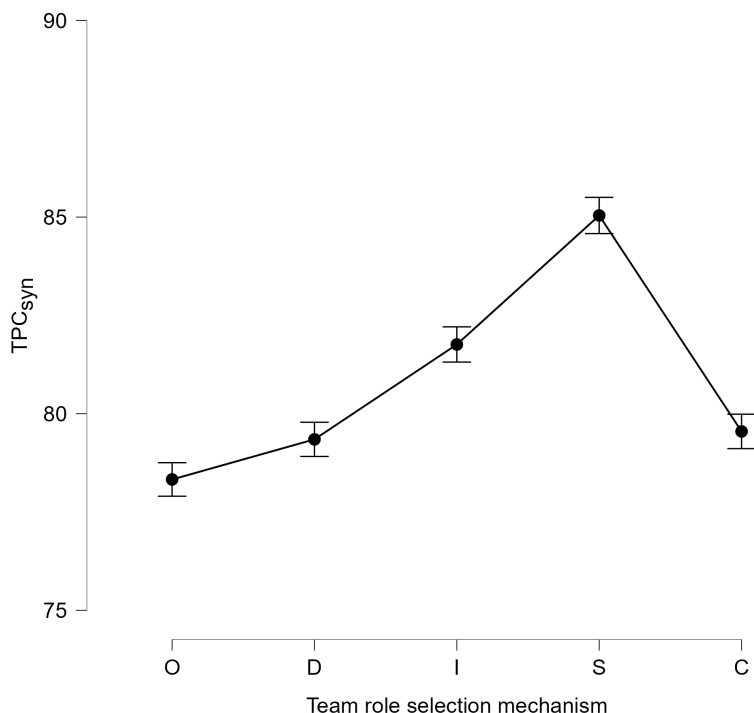


9. ábra. A különböző kiválasztási módszerekkel elért csapatkiválasztások egy főre vonatkoztatott TPC értéke figyelembe véve (A) és elhagyva (B) a szinergikus hatásokat.

Megjegyzés: n a csapatok létszámát jelöli

A 9. ábra alapján megállapítható, hogy az egységnyi projekt összköltség a szinergia figyelembe vételével (TPC_{syn}/n) az akció-orientált csapat (A team) míg a szinergia figyelembe vétele nélkül (TPC_{nosyn}/n) a "B team + CF + IMP" esetében volt a legkisebb. E tekintetben elmondható, hogy ha a szinergikus hatásokat figyelembe vesszük, akkor az akció-orientált csapat önmagában is sikeres tud lenni, viszont a szinergikus hatások nélkül elegendő a SH csapatszerep kihagyása. Ez persze nem azt jelenti, hogy a SH tag kihagyható a szoftverfejlesztési projekt csapatokból. Az eredmények ugyanis egy ideális világot feltételeznek, ahol nincs sem időnyomás sem pedig váratlan hatások. A SH csapatszerep legnagyobb előnye, hogy a váratlan és nehéz helyzeteket képes a csapatot átsegíteni és a feladat-fókusz megtartani.

Az autonóm csapatkiválasztás tekintetében csak a projekt összköltségének függvényében lehetett összehasonlítani a csapatstruktúrákat, mivel az átfutási idő tekintetében nem volt szignifikáns eltérés. A 10. ábra azt mutatja, hogy a legjobb projekt összköltséget (TPC_{syn}) az autonóm csapat tudta elérni a szimuláció során. Emellett pedig felállítható egy sorrend az egyes DISC viselkedéstípusú vezetők között. Eszerint kis létszámú, agilis csapatban érdemes domináns (D) vagy lelkiismeretes (C) vezetőt választani, amennyiben az autonómia (O) nem lehetséges, viszont kerülendő befolyásoló (I), de méginkább a stabil (S) viselkedéstípusú vezető. Ez valószínűleg annak eredménye, hogy az autonóm csapatban nem alakul ki központi szerepkör, aki a vezető szerepét tölti be, így minden csapattag a saját képességei szerint képes egymást kiegészítve a feladatát végezni.



10. ábra. A projekt összköltségének (TPC_{syn}) alakulása a különböző vezetővel rendelkező és az autonóm csapatkiválasztás során, korlátok nélkül

A szimulációs eredmények megerősítése érdekében egy validációs folyamatot terveztem résztvevői megfigyelés módszert alkalmazva. Ennek lényege, hogy külső beavatkozás nélkül megfigyeltem a szimuláció során vizsgált csapatstruktúrák viselkedését egy olyan csapatjátékon, ahol a szimulációban használt emberi tényezők is meghatározó szerepet játszottak. Erre a mályvacukor kihívás játékot választottam, amely során 120 Belbin kérdőívet kitöltő személy közül 47 különböző Belbin csapatszereppel rendelkező egyént, valamint 20 kiválasztott különböző DISC viselkedéstípusú egyént választottam ki és csoportosítottam. Mindkét esetben fél-fél munkanapot vett igénybe a megfigyelés, amely mind a két esetben ugyanazt a sémát követte: (1. lépés) közösségépítés, (2. lépés) csoportos vita egy kiválasztott kérdés körül 4 csoportra bontva a társaságot, (3. lépés) fél órás irányított ismerkedés a csapattársakkal és (4. lépés) mályvacukor kihívás. Végül az esemény a közös élménybeszámolóval és köszönetnyilvánítással zárult. A mályvacukor kihívás során mértem a különböző csapatmunkák időtartamát, valamint a felépített torony magasságát. Az eredményeket a Belbin féle központi akció-csoport hatásának vizsgálata esetében a 5. táblázat, míg a DISC féle viselkedéstípusokkal jellemzett autonóm csapat hatásának vizsgálata esetében a 6. táblázat foglalja össze.

5. táblázat. Az központi csapatszerepek hatása a csapat teljesítményére eset validálásának eredménye

Teszt típus	A	B	C	D	E	F	G	H	Korlát
S: Átlagos TPT	55	76	83	68	67	71	70	60	-
S: Sorrend	1	7	8	4	3	6	5	2	-
M: Idő	8:36	14:25	15:32	12:34	12:53	13:50	13:45	11:42	max 14 perc
M: Sorrend	1	7	8	3	4	6	5	2	-
M: T. magasság	37 cm	28 cm	44 cm	30 cm	26 cm	38 cm	31 cm	31 cm	min 30 cm

Megjegyzés. S: Szimuláció, M: Mályvacukor kihívás,

T: Torony

A szimulációnak megfelelő csapatstruktúrák: **A** = "A team (SH+CF+IMP), **B** = "B team

(CO+ME+TW+RI+PL)", **C** = "B team + SH, **D** = "B team + IMP", **E** = "B team + CF",

F = "B team + SH + IMP", **G** = "B team + SH + CF", **H** = "B team + CF + IMP"

6. táblázat. Az önszerveződő csapatkiválasztás hatása a csapat teljesítményére eset validálásának eredménye

Teszt típus	O	D	I	S	C	Korlát
Szimuláció: Sorrend	1	2	4	5	3	-
Mályvacukor kihívás: Idő	6:32	8:50	12:54	13:45	13:30	max 14 perc
Mályvacukor kihívás: Sorrend	1	2	4	5	3	-
Mályvacukor kihívás: T. magasság	30 cm	40 cm	32 cm	32 cm	36 cm	min 30 cm

A csapatstruktúrák rövidítései megegyeznek a szimuláció során használt rövidítésekkel, lásd 10. ábra

A validáció során alkalmazott mályvacukor kihívás eredményei igazolták a szimulációs eredményeket. Ezzel arra következtettek, hogy a Belbin féle akció-orientált csoport, mint a Belbin féle csapatszerepekből képzett csapat szinergiahálózatának központi csoportja hatással van a projekt csapat sikerességére. Emellett arra következtettek, hogy az autonóm csapatkiválasztási mechanizmus során - amelyet a DISC viselkedéstípusokkal jellemeztem - az autonóm módon kialakított csapat jobb eredményt képes elérni, mint a dedikált, különböző viselkedéstípusú vezetővel rendelkező csapatok bármelyike is. Ezeken felül a validációs eredmények igazolják a szimuláció eredményeit is és így együtt igazolják a kifejlesztett új projekt ütemezési módszer hatékonyságát. Mind a szimulációs eredmények mind pedig a validálás eredményei alapján elfogadom a kutatási feltételezéseimet, KF_1 -t, KF_2 -t és KF_3 -t.

5. A Kutatás Tézisei

A kutatási kérdéseket, a kutatási feltevéseket, valamint a kutatás során kapott szimulációs és validációs eredményeket figyelembe véve a következő három kutatási tézist (**KT**) fogalmaztam meg:

KT₁ : Az új, kiterjesztett SSPSP módszer képes integrálni a Belbin-féle csapatszerepeket vagy a DISC viselkedési típusokat, figyelembe véve e szerepek közötti szinergiákat,

valamint az ezeket jellemző puha és kemény képességeket egy rugalmas vagy kötött szoftver környezetben. Megfelelő hiperparaméterezés után a módszer megbízható eredményeket adhat tesztprojektek esetén is.

KT₂ : A kiterjesztett SSPSP alkalmazásával bizonyítható a Belbin-féle csapat központi szerepeinek fontossága, az SSPSP által definiált korlátok és célfüggvények figyelembevételével. Bár az IMP (Megvalósító) és CF (Befejező) szerepek jelenléte biztos, a SH (Formáló) szerepével kapcsolatban ellentmondásos eredmények születtek.

KT₃ : A kiterjesztett SSPSP alkalmazásával bizonyítható az autonóm módon kiválasztott csapatok pozitív hatása, az SSPSP által definiált korlátok és célfüggvények figyelembevételével.

6. Összefoglalás és Konklúzió

6.1. Szakirodalmi Hozzájárulás

A kutatás több oldalról is hozzájárul a projektmenedzsment szakirodalmához. 1. Módszertani szempontból szignifikánsan pontosabb szoftver projekt ütemezési módszert mutattam be. Ehhez első körben azonosítottam a projektmenedzsment evolúciójának trendjét a szoftverfejlesztési projekteket tekintve, amellyel azonosítottam a napjaink legfontosabb problémáit. Ennek tükrében a szoftver projekt ütemezési problémák témakörében létező szakirodalmak szisztematikus áttekintésével azonosítottam a módszertani hiányosságokat. Ezen felül két, gyakorlati problémát is azonosítottam, mégpedig az autonóm csapatszerveződés figyelembevételét projektütemezés során, valamint a központi egység hatását a projektcsapat sikerességére. Mindkét gyakorlati probléma megválaszolása fontos a szoftverfejlesztési projektek sikeressége szempontjából. A szakirodalom alapján lehetőséget kerestem a két gyakorlati probléma modellezésére. Eszerint az autonóm csapatszerveződés során a DISC viselkedéstípusokkal, míg a központi csoport hatásának vizsgálata során a Belbin féle csapatszerepekkel jellemezhetők a különböző módon kialakítható csapat struktúrák. A szakirodalmat tekintve megalkottam a DISC viselkedéstípusok közti, valamint a Belbin féle csapatszerepek közti szinergia-potenciál hálózatokat.

2. A kutatás eredményeivel hozzájárultam a szoftver projektek ütemezésének szakirodalmához egy új módszer kifejlesztésével. A módszert hiperparamétereztem, majd validált adatbázison összehasonlítottam a pontosságát már meglévő módszerekkel. Az eredmények igazolták az új módszer pontosságát a validált adatbázis limitációja mellett.

3. A kifejlesztett új SSPSP módszer segítségével megvizsgáltam az autonóm csapatkiválasztás és a központi csapategység hatását a projektek sikerességére nézve. Ehhez empirikus adatokon alapuló esettanulmányt készítettem, mely során előbb a kifejlesztett új SSPSP módszert paramétereztem valós adatok alapján, majd az így kapott szimulációs eredményeket

valós környezetben validáltam, résztvevői megfigyelés módszerével. Az eredmények nem csak bizonyították a feltett kutatási feltételezéseimet, de egyúttal megerősítették az új SSPSP módszer hatékonyságát.

6.2. Alkalmazhatóság és a Kutatás Korlátai

A kiterjesztett új SSPSP módszer több tényezőt integrál a projektcsoportok dinamikájának vizsgálatába, így alapot ad a szoftver projekt ütemezések egy új irányának. A módszer továbbfejleszthető tanulási és felejtési görbék vagy dinamikus csapatképzési elméletek beépítésével, illetve multiprojekt és portfóliókezelési szempontok figyelembevételével. A módszer validálásra került, ami igazolja annak megbízhatóságát és gyakorlati alkalmazhatóságát, amely különösen olyan szervezetek számára lehet érdekes, amelyek emberközpontú ütemezési problémákkal vagy emberi-erőforrás problémákkal küzdenek. A módszer korlátai közé tartozik, hogy csak rövidtávú ütemezésre ajánlott, mivel a hosszabb távú interakciókat, mint a tanulás és felejtés, vagy a csapatstruktúra átalakulása, nem veszi figyelembe.

Az új módszer segítségével ütemezést javasoltam olyan csapatban, ahol a csapat központi egysége, és ezáltal a csapat struktúrája vagy a csapat képességtökéje változik. Ez a fajta vizsgálat megnyitotta a szakirodalom egy új irányát, mégpedig a dinamikus képességek projekt ütemezésbe történő integrálását. Mivel rövid távon az ütemezés pontosnak bizonyult, így az új módszert minden olyan vállalatnak érdemes használnia, ahol a már kialakult csapataikban központi egység is kialakulhat. Ehhez bemenetként megbítható képesség és csapatszerep felmérésre van szükség. Így a módszer segítségével képesek lehetnek meghatározni olyan mindennapi problémák hatását az ütemezésre, mintha egy központi munkavállalójuk kiesik a csapatmunkából. A kutatás korlátja, hogy nem lett megvizsgálva minden csapatszerep hatása a projektütemezés sikerességére, így még további vizsgálatok szükségesek ennek irányába. Továbbá fontos kutatási irány lehetne a nem domináns csapatszerepek megjelenése is a csapatban, amelyek szükségszerűen átrendeznék a csapat struktúráját.

Továbbá a módszer használható az agilis szemléletmód által javasolt autonóm csapatok működésének megértéséhez és az autonóm csapathoz rendelt feladatok ütemezéséhez szoftver projekt környezetben. Itt fontos limitáció, hogy az autonóm kiválasztás során nem vettem figyelembe annak hosszútávú hatásait.

Összegezve elmondható, hogy a kutatás a kitűzött céljait elérte, viszont rendelkezik számos, a gyakorlati életben fontos korláttal. Ezek közül a legfontosabb, hogy az új módszer elsősorban rövid távú projekttervezésre alkalmas, hosszú távú tényezőket nem vizsgál. Ezen kívül számos, az SPSP irodalomban már modellezett tényezőt nem vettem figyelembe a modell érthetősége és a bonyolultság elkerülése miatt, így az eredmények a megfelelő kontextusban értendők.

6.3. A Kutatás Összegzése

A könnyebb áttekinthetőség érdekében a 7. táblázatba összefoglaltam a kutatási kérdéseimet, a szakirodalom alapján feltett kutatási feltételezéseimet, valamint a kutatás eredményeinek tükrében megfogalmazott kutatási téziseimet.

7. táblázat. A kutatási összegzése

Ref.	Állítás
KK1:	Hogyan fejleszthető a szoftver projekt ütemezési módszer úgy, hogy egy heterogén hálózatként figyelembe vegye a különböző csapatszerepek és viselkedéstípusok sajátosságait a különböző típusú képességek és szinergikus hatások által kötött és rugalmas környezetben?
KF1:	Az SSPSP módszer kiterjeszthető, hogy figyelembe vegye a Belbin féle csapatszerepeket és a DISC viselkedés típusokat a különböző szerepű csapattagok közti szinergikus hatásokon, valamint a technikai és szociális képességeiken keresztül egy rugalmas szoftverfejlesztési környezetben.
KT1:	Az új, kiterjesztett SSPSP módszer képes integrálni a Belbin-féle csapatszerepeket vagy a DISC viselkedési típusokat, figyelembe véve e szerepek közötti szinergiákat, valamint az ezeket jellemző puha és kemény képességeket egy rugalmas vagy kötött szoftver környezetben. Megfelelő hiperparaméterezés után a módszer megbízható eredményeket adhat tesztprojektek esetén is.
KK2:	Hogyan befolyásolják a központi csapatszerepek, mint egy heterogén hálózat központi egysége a szoftver projektek sikerességét az ütemezésük során?
KF2:	A szoftver projekt csapatok központi csapatszerepei pozitívan hatnak a projektek sikerességére, ezáltal fokozzák a teljesítményt a kiterjesztett SSPSP célfüggvényei és korlátai mellett.
KT2:	A kiterjesztett SSPSP alkalmazásával bizonyítható a Belbin-féle csapat központi szerepeinek fontossága, az SSPSP által definiált korlátok és célfüggvények figyelembe vételével. Bár az IMP (Megvalósító) és CF (Befejező) szerepek jelenléte biztos, a SH (Formáló) szerepével kapcsolatban ellentmondásos eredmények születtek.
KK3:	Hogyan hat az autonóm módon kiválasztott csapat, mint heterogén hálózat a szoftver projektek sikerességére az ütemezésükön keresztül?
KF3:	Az autonóm módon kiválasztott csapat pozitívabban hat a szoftver projektek sikerességére, szemben a dedikált vezetővel rendelkező csapatokkal és eredményesebbek a kiterjesztett SSPSP célfüggvényei és korlátai mellett.
KT3:	A kiterjesztett SSPSP alkalmazásával bizonyítható az autonóm módon kiválasztott csapatok pozitív hatása, az SSPSP által definiált korlátok és célfüggvények figyelembevételével.

7. A szerző kapcsolódó publikációi

Folyóirat Cikkek

1. Kosztyán, Z. T., **Harta, P.**, & Szalkai, I. (2024). The effect of autonomous team role selection in flexible projects. *Computers & Industrial Engineering*, 190, 110079. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.cie.2024.110079>
2. Kosztyán, Z. T., **Harta, P.**, Szalkai, I., & Obermayer, N. (2024). Csoportkiválasztási módszerek vizsgálata rugalmas projekttervezési megközelítések esetén. *SZIGMA Matematikai-közgazdasági folyóirat*, 55(1), 53-83. DOI: <https://doi.org/10.15170/SZIGMA.55.1195>

Konferenciaközlemények

1. **Harta, P.**, Sebrek, S. S., Kosztyán, Z. T. (2025). Unveiling the Human Factor: How Personality Types Shape Software Project Scheduling and Synergy through Dynamic Managerial Capabilities – A Longitudinal Action Design Research. *19th Organization Studies Summer Workshop*, Chania, Crete, Greece, May, 22–24, 2025.
2. Kosztyán, Z. T., & **Harta, P.** (2023). Autonomous team role selection on flexible projects. In DS 126: *Proceedings of the 25th International DSM Conference (DSM 2023)*, Gothenburg, Sweden, October, 03-05, 2023 (pp. 019-028). DOI: <https://doi.org/10.35199/dsm2023.03>

Konferencia előadások

1. Harta, P. (2024). Központi szerepek hatása a szoftver projektek sikerességére. Abstract. XVIII. Gazdaságmodellezési Szakértői Konferencia, Pannon Egyetem, Veszprém, Hungary
2. Harta, P. (2024). Központi szerepek hatása a szoftver projektek sikerességére. Abstract. XXVII. Tavaszi Szél Konferencia, Óbudai Egyetem, Budapest, Hungary.
3. Harta, P., & Kosztyán Z. T. (2023). The effect of autonomous team role selection in flexible projects. The 25th International DSM Conference (DSM 2023), Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.
4. Harta, P. (2023). Examining the motivators of software developers during agile transformation. PMUNI workshop, Vienna, Austria.
5. Harta, P. (2023). Központi szerepek hatása a szoftver projektek sikerességére. Abstract. OGIK 2023, Pécsi Tudományegyetem, Pécs, Hungary.

6. Harta, P. (2023). Önszerveződő csapatok vizsgálata szoftver projekt környezetben. Abstract. XXVI. Tavaszi Szél Konferencia, Miskolci Egyetem, Miskolc, Hungary.
7. Harta, P., & Kosztyán Z. T. (2022). A személyiségtípusok szerepe a szoftver projektek tervezésében. Abstract. OGIK 2022, Salgótarján, Somoskő, Hungary.
8. Harta, P., & Kosztyán Z. T. (2022). The role of personality types in software project planning. PMUNI workshop, Corvinus University, Budapest, Hungary.
9. Harta, P. (2022). Kvantitatív módszerek kidolgozása a projekttervek készítésének támogatására. Abstract. XXV. Tavaszi Szél Konferencia, Pécsi Tudományegyetem, Pécs, Hungary.
10. Harta, P. (2021). Investigation of the optimal team selection in the agile software project environment. PMUNI workshop, Online Conference.
11. Harta, P. (2021). Agilis projektcsapat optimális kiválasztásának vizsgálata szoftver projekt környezetben. Abstract. OGIK 2021, Pannon Egyetem, Veszprém, Hungary.

Felhasznált Irodalom

- Alabajee, M. A.-A., Ahmed, D. R., and Alreffaee, T. R. (2021). Solving software project scheduling problem using grey wolf optimization. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 19(6):1820–1829.
- Alba, E. and Chicano, J. F. (2007). Software project management with {GAs}. *Information Sciences*, 177(11):2380–2401.
- Albusays, K., Bjorn, P., Dabbish, L., Ford, D., Murphy-Hill, E., Serebrenik, A., and Storey, M.-A. (2021). The diversity crisis in software development. *IEEE Software*, 38(2):19–25.
- Aryanee, D., Razali, R., and Mansor, Z. (2020). Team formation for agile software development: a review. *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol*, 10:2088–5334.
- Balcar, J. (2016). Is it better to invest in hard or soft skills? *The Economic and Labour Relations Review*, 27(4):453–470.
- Bear, J. B. and Woolley, A. W. (2011). The role of gender in team collaboration and performance. *Interdisciplinary science reviews*, 36(2):146–153.
- Beck, K., Beedle, M., Van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., Grenning, J., Highsmith, J., Hunt, A., Jeffries, R., et al. (2001). The agile manifesto.
- Belbin, R. M. (1981). *Management Teams: Why They Succeed Or Fail*. Routledge.
- Bell, S. T., Brown, S. G., and Weiss, J. A. (2018). A conceptual framework for leveraging team composition decisions to build human capital. *Human Resource Management Review*, 28(4):450–463.
- Bell, S. T. and Outland, N. (2017). Team composition over time. In *Team dynamics over time*, pages 3–27. Emerald publishing limited.
- Blazewicz, J., Lenstra, J. K., and Kan, A. R. (1983). Scheduling subject to resource constraints: classification and complexity. *Discrete applied mathematics*, 5(1):11–24.
- Borges, G. G. and de Souza, R. C. G. (2024). Skills development for software engineers: Systematic literature review. *Information and Software Technology*, 168:107395.
- Cheng, J., Ji, J., Guo, Y.-n., and Ji, J. (2019). Dynamic multiobjective software project scheduling optimization method based on firework algorithm. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019(1):8405961.
- Cleland, D. I. (1994). *Project Management – Strategic Design and Implementation (2nd edn.)*. New York, McGraw-Hill.
- Coelho, J. and Vanhoucke, M. (2011). Multi-mode resource-constrained project scheduling using rcpsp and sat solvers. *European Journal of Operational Research*, 213(1):73–82.
- De Wit, A. (1988). Measurement of project success. *International journal of project management*, 6(3):164–170.
- Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., and Meyarivan, T. (2002). A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: Nsga-ii. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 6(2):182–197.

- Diekmann, J. and König, C. J. (2018). Personality testing in personnel selection: Love it? leave it? understand it! In *Current issues in work and organizational psychology*, pages 17–31. Routledge.
- Dingsøyr, T. and Dybå, T. (2012). Team effectiveness in software development: Human and co-operative aspects in team effectiveness models and priorities for future studies. In *2012 5th international workshop on co-operative and human aspects of software engineering (chase)*, pages 27–29. IEEE.
- Dwertmann, D. J., Nishii, L. H., and Van Knippenberg, D. (2016). Disentangling the fairness & discrimination and synergy perspectives on diversity climate: Moving the field forward. *Journal of Management*, 42(5):1136–1168.
- Dybå, T., Dingsøyr, T., and Moe, N. B. (2014). Agile project management. *Software project management in a changing world*, pages 277–300.
- Galinsky, A. D., Todd, A. R., Homan, A. C., Phillips, K. W., Apfelbaum, E. P., Sasaki, S. J., Richeson, J. A., Olayon, J. B., and Maddux, W. W. (2015). Maximizing the gains and minimizing the pains of diversity: A policy perspective. *Perspectives on Psychological Science*, 10(6):742–748.
- García-Nájera, A. and del Carmen Gómez-Fuentes, M. (2014). A multi-objective genetic algorithm for the software project scheduling problem. In Gelbukh, A., Espinoza, F. C., and Galicia-Haro, S. N., editors, *Nature-Inspired Computation and Machine Learning*, pages 13–24, Cham. Springer International Publishing.
- Gilal, A. R., Jaafar, J., Basri, S., Omar, M., and Abro, A. (2016). Impact of software team composition methodology on the personality preferences of malaysian students. In *2016 3rd International Conference on Computer and Information Sciences (ICCOINS)*, pages 454–458. IEEE.
- Görög, M. (2003). *A projektvezetés mestersége*. Aula, Budapest.
- Group, T. S. (2015). Chaos report. Technical report, Massachusetts.
- Group, T. S. (2021). Chaos report: Beyond infinity. Technical report, Massachusetts.
- Groysberg, B., Polzer, J. T., and Elfenbein, H. A. (2011). Too many cooks spoil the broth: How high-status individuals decrease group effectiveness. *Organization Science*, 22(3):722–737.
- Guimera, R., Uzzi, B., Spiro, J., and Amaral, L. A. N. (2005). Team assembly mechanisms determine collaboration network structure and team performance. *Science*, 308(5722):697–702.
- Gupta, A., Poels, G., and Bera, P. (2022). Using conceptual models in agile software development: a possible solution to requirements engineering challenges in agile projects. *IEEE Access*, 10:119745–119766.
- Gutierrez, G., Garzas, J., de Lena, M. T. G., and Moguerza, J. M. (2018). Self-managing: an empirical study of the practice in agile teams. *IEEE software*, 36(1):23–27.
- Hamilton, B. H., Nickerson, J. A., and Owan, H. (2012). Diversity and productivity in production teams. In *Advances in the Economic Analysis of participatory and Labor-managed Firms*, pages 99–138. Emerald Group Publishing Limited.
- Hartmann, S. and Briskorn, D. (2022). An updated survey of variants and extensions of the resource-constrained project scheduling problem. *European Journal of operational research*, 297(1):1–14.
- Hegazy, T., Shabeeb, A. K., Elbeltagi, E., and Cheema, T. (2000). Algorithm for scheduling with

- multiskilled constrained resources. *Journal of construction engineering and management*, 126(6):414–421.
- Hidayati, A., Budiardjo, E. K., and Purwandari, B. (2020). Hard and soft skills for scrum global software development teams. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Software Engineering and Information Management*, pages 110–114.
- Hoda, R., Noble, J., and Marshall, S. (2010). Organizing self-organizing teams. In *Proceedings of the 32nd ACM/IEEE International Conference on Software Engineering-Volume 1*, pages 285–294.
- Hoda, R., Noble, J., and Marshall, S. (2012). Self-organizing roles on agile software development teams. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 39(3):422–444.
- Jehn, K. A., Northcraft, G. B., and Neale, M. A. (1999). Why differences make a difference: A field study of diversity, conflict and performance in workgroups. *Administrative science quarterly*, 44(4):741–763.
- Kaliprasad, M. (2005). Agile project management: How to succeed in the face of changing project requirements. *Cost Engineering*, 47(10):29.
- Kanski, L., Budzynska, K., and Chadam, J. (2023). The impact of identified agility components on project success—ict industry perspective. *Plos one*, 18(3):e0281936.
- Kosztány, Z. T., Bogdány, E., Szalkai, I., and Kurbucz, M. T. (2022). Impacts of synergies on software project scheduling. *Annals of Operations Research*, 312:883–908.
- Lee, D., Huh, Y., and Reigeluth, C. M. (2015). Collaboration, intragroup conflict, and social skills in project-based learning. *Instructional science*, 43:561–590.
- Li, H., Zhu, H., Zheng, L., and Liu, Y. (2023). Software project scheduling with multitasking. *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research*, 57(1).
- Liemhetcharat, S. and Veloso, M. (2012). Modeling and learning synergy for team formation with heterogeneous agents. In *Proceedings of the 11th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems-Volume 1*, pages 365–374.
- Lundin, R. A. and Söderholm, A. (1995). A theory of the temporary organization. *Scandinavian Journal of management*, 11(4):437–455.
- Lykourantzou, I., Antoniou, A., Naudet, Y., and Dow, S. P. (2016). Personality matters: Balancing for personality types leads to better outcomes for crowd teams. In *Proceedings of the 19th ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work & Social Computing*, pages 260–273.
- Maghsoudlou, H., Afshar-Nadjafi, B., and Niaki, S. T. A. (2016). A multi-objective invasive weeds optimization algorithm for solving multi-skill multi-mode resource constrained project scheduling problem. *Computers & chemical engineering*, 88:157–169.
- Marston, W. M. (1928). Review of a short outline of comparative psychology. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 23(2):256–257.
- Matturro, G. (2013). Soft skills in software engineering: A study of its demand by software companies in uruguay. In *2013 6th international workshop on cooperative and human aspects of software engineering (CHASE)*, pages 133–136. IEEE.
- Meckenstock, J.-N. (2024). Shedding light on the dark side—a systematic literature review of the issues in agile software development methodology use. *Journal of Systems and Software*, page 111966.

- Meier, A. and Kock, A. (2023). The human factor in agility: Exploring employee dedication in agile project organizations. *International Journal of Project Management*, 41(7):102527.
- Meslec, N. and Curşeu, P. L. (2015). Are balanced groups better? belbin roles in collaborative learning groups. *Learning and Individual Differences*, 39:81–88.
- Myszkowski, P. B., Laszczyk, M., and Lichodij, J. (2017). Efficient selection operators in nsga-ii for solving bi-objective multi-skill resource-constrained project scheduling problem. In *2017 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)*, pages 83–86. IEEE.
- Myszkowski, P. B., Laszczyk, M., Nikulin, I., and Skowroński, M. (2019). imopse: a library for bicriteria optimization in multi-skill resource-constrained project scheduling problem. *Soft Computing*, 23:3397–3410.
- Myszkowski, P. B., Skowroński, M. E., Olech, Ł. P., and Oślizło, K. (2015). Hybrid ant colony optimization in solving multi-skill resource-constrained project scheduling problem. *Soft Computing*, 19:3599–3619.
- Myszkowski, P. B., Skowroński, M. E., and Podlowski, Ł. (2013). Novel heuristic solutions for multi-skill resource-constrained project scheduling problem. In *2013 federated conference on computer science and information systems*, pages 159–166. IEEE.
- Peslak, A. R. (2006). The impact of personality on information technology team projects. In *Proceedings of the 2006 ACM SIGMIS CPR conference on computer personnel research: Forty four years of computer personnel research: achievements, challenges & the future*, pages 273–279.
- Phillips, K. W., Liljenquist, K. A., and Neale, M. A. (2009). Is the pain worth the gain? the advantages and liabilities of agreeing with socially distinct newcomers. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 35(3):336–350.
- Pieterse, V., Leeu, M., and van Eekelen, M. (2018). How personality diversity influences team performance in student software engineering teams. In *2018 Conference on Information Communications Technology and Society (ICTAS)*, pages 1–6. IEEE.
- Reiff, J. and Schlegel, D. (2022). Hybrid project management—a systematic literature review. *International journal of information systems and project management*, 10(2):45–63.
- Reynierse, J. H., Ackerman, D., Fink, A. A., and Harker, J. B. (2000). The effects of personality and management role on perceived values in business settings. *International Journal of Value-Based Management*, 13:1–13.
- Rezende, A. V., Silva, L., Britto, A., and Amaral, R. (2019). Software project scheduling problem in the context of search-based software engineering: A systematic review. *Journal of Systems and Software*, 155:43–56.
- Salo, O. and Abrahamsson, P. (2008). Agile methods in european embedded software development organisations: a survey on the actual use and usefulness of extreme programming and scrum. *IET software*, 2(1):58–64.
- Schulze, A. and Brusoni, S. (2022). How dynamic capabilities change ordinary capabilities: Reconnecting attention control and problem-solving. *Strategic Management Journal*, 43(12):2447–2477.

- Schwaber, K. and Beedle, M. (2001). *Agile software development with Scrum*. Prentice Hall PTR.
- Scullard, M. and Baum, D. (2015). *Everything DiSC Manual*. John Wiley & Sons.
- Shenhar, A. J. and Dvir, D. (2007). Project management research—the challenge and opportunity. *Project management journal*, 38(2):93–99.
- Söderlund, J. (2004). Building theories of project management: past research, questions for the future. *International journal of project management*, 22(3):183–191.
- Towry, K. L. (2003). Control in a teamwork environment—the impact of social ties on the effectiveness of mutual monitoring contracts. *The Accounting Review*, 78(4):1069–1095.
- Tuckman, B. W. (1965). Developmental sequence in small groups. *Psychological bulletin*, 63(6):384.
- Van Knippenberg, D., De Dreu, C. K., and Homan, A. C. (2004). Work group diversity and group performance: an integrative model and research agenda. *Journal of applied psychology*, 89(6):1008.
- Vega-Velázquez, M. Á., García-Nájera, A., and Cervantes, H. (2018). A survey on the software project scheduling problem. *International Journal of Production Economics*, 202:145–161.
- VersionOne (2024). 17th-annual-state-of-agile-report. Technical report, VersionOne Inc.
- Vishnubhotla, S. D., Mendes, E., and Lundberg, L. (2018). Designing a capability-centric web tool to support agile team composition and task allocation: a work in progress. In *Proceedings of the 11th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering*, pages 41–44.
- Waleed, A., Ahmad, W., Jan, M., Ali, S., Khattak, A., and Nadeem, A. (2021). The effect of team value diversity on team performance: The mediating role of relationship conflict and the moderating effects of organization citizenship behavior and leader-member exchange quality. *Management Science Letters*, 11(8):2185–2194.
- Wankhede, V. A. and Vinodh, S. (2021). Analysis of industry 4.0 challenges using best worst method: A case study. *Computers & Industrial Engineering*, 159:107487.
- Wawak, S. and Woźniak, K. (2020). Evolution of project management studies in the xxi century. *International Journal of Managing Projects in Business*, 13(4):867–888.
- Wysocki, R. K. (2010). *Effective software project management*. Wiley+ ORM.
- Wysocki, R. K. (2019). *Effective project management: traditional, agile, extreme*. John Wiley & Sons.
- Xiao, J., Ao, X.-T., and Tang, Y. (2013). Solving software project scheduling problems with ant colony optimization. *Computers & Operations Research*, 40(1):33–46.
- Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods*, volume 5. sage.
- Zainal, P., Razali, D., and Mansor, Z. (2020). Team formation for agile software development: a review. *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol*, 10(2):555–561.
- Zapotecas-Martínez, S., García-Nájera, A., and Cervantes, H. (2020). Multi-objective optimization in the agile software project scheduling using decomposition. In *Proceedings of the 2020 Genetic and Evolutionary Computation Conference Companion*, pages 1495–1502.