

OTDK-DOLGOZAT

Nyikos Annamária

MSc

2013

KÖLTSÉGCSÖKKENTŐ MÓDSZEREK A NYOMDAIPARBAN

COST REDUCTION METHODS IN PRINTING INDUSTRY

Nyikos Annamária

Kézirat lezárva: 2012.december 20.

TARTALOMJEGYZÉK

1	BEVEZETÉS.....	1
2	SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	2
2.1	Termelésirányítás.....	3
2.1.1	Termelésstervezés	4
2.1.2	Termelésütemezés	6
2.1.3	Termelésprogramozás.....	7
2.1.4	Átállási idő jelentősége.....	7
2.2	Gráfelméleti módszerek	10
2.3	Utazó ügynök probléma	15
3	A MÓDSZER ÁLTALÁNOS BEMUTATÁSA.....	17
3.1	A módszer lépései	17
3.2	A lépések részletes kifejtése	17
4	A MÓDSZER ALKALMAZÁSA GYAKORLATI KÖRNYEZETBEN.....	19
4.1	A gyakorlati környezet.....	19
4.1.1	Ütemezés szempontjából fontosabb tudnivalók a nyomógépről	19
4.1.2	Ütemezés, ahogy a vállalatnál működik	20
4.2	A módszer kialakítása	22
4.3	A módszer bemutatása egy régebbi adatsoron.....	23
4.4	Eredmények	31
5	KÖVETKEZTETÉS.....	33
6	ÖSSZEFOGLALÁS	34
7	IRODALOMJEGYZÉK.....	35

ÁBRA ÉS TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat: Lean menedzsmentben szereplő 3M	9
2. táblázat: Gyártandó termékek színei.....	24
3. táblázat: Mosási egységek	24
1. ábra: Döntési fa.....	26
4. táblázat: Munkatáskák és még nem besorolt színei.....	27
5. táblázat: 1. megoldási lehetőség	28
6. táblázat: 2. megoldási lehetőség	29
7. táblázat: 3. megoldási lehetőség	29
8. táblázat: 4. megoldási lehetőség	30
9. táblázat: 5. megoldási lehetőség	30
10. táblázat: 6. megoldási lehetőség	31

RÖVIDÍTÉSEK

AM – Agilis gyártás

BPR – Üzleti folyamatok újraszervezése

CIM – Számítógéppel támogatott termelés

FMS – Rugalmas gyártási rendszerek

IT – Információs technológia

JIT – Just-in-Time stratégia,

LP – Lean termelés

MILP – Vegyes egész lineáris programozás

QRM – Gyors reagálású termelés

SCM – Ellátási lánc menedzsment

SMED – Single Minute Exchange of Die – egy számjegyű perc alatti szerszámcsere

TQM – Teljes körű minőségirányítás

TSP – Traveling Salesman Problem – Utazó ügynök probléma

TSTS – Two Stage Traveling Salesman – Kétszakaszos utazó ügynök probléma

1 BEVEZETÉS

Dinamikusan változó környezetben élünk, amit a nyomdaipar is érez. A vállalatnak kis tételszámban sokféle terméket kell tudnia gyártani. Mindemellett a vevői igények odáig nőttek, hogy a nyomdának rövid határidőn belül kell mind a termelést, mind a szállítást megoldania. Ilyenkor nagyon nagy szükség van arra, hogy a vállalat berendezései megbízhatóan működjenek, valamint a termékváltáskor keletkező veszteséges időt is megszüntessék. Ezeknek az ellenkezője ugyanis nagyban hozzájárul a szállítási határidők kicsúszásához.

A termékváltáskor keletkező veszteséges idő az átállási idő, mely meghatározza a vállalat rugalmasságát. Az átállási idő csökkentése azonban épp az a terület, amin gyakran elsiklanak a vállalatok, pedig több megoldással is könnyen elérhetővé válik ez a cél. Az egyik megoldás a SMED módszer bevezetése, mely magukat az átállási lépéseket elemzi, egyszerűsíti, a fölöslegeseket megszünteti. A másik lehetőség, ha a nyomógépen végzett munkák sorrendjét alaposabban megtervezzük, és a munkák közötti átállási időket racionalizáljuk. Dolgozatomban az utóbbira térek ki.

Ennek megoldására gráfelméleti módszereket alkalmaztam, ugyanis kiválóságuk már többször megmutatkozott gyakorlati példák megoldásában. A módszerek közül az egyik legjelentősebb a legrövidebb út keresése. Mindahhoz, hogy átfogó kép alakuljon ki a legrövidebb út problémájáról, a szakirodalmi részben bemutatásra kerülnek a gráfelmélettel kapcsolatos alapfogalmak is. Ezt követi a vállalatnál folytatott jelenlegi termelés-ütemezés, valamint a nyomógépek működésének bemutatása.

Ezután példán keresztül mutatom be a módszer alkalmazási lehetőségét a vállalat számára. A feladat megoldásának elkezdéséhez egy döntési fát készítettem, melynek grafikus ábrázolásával vizuálisan megjeleníthető az összes átállással kapcsolatos döntési lehetőség. A döntési fa segítségével a bonyolult átállással kapcsolatos összefüggések kisebb döntési egységekre bomlanak. Ezeket a kisebb döntési egységeket a nagyobb egész felé haladva folyamatosan összevetjük, és a számunkra legkedvezőbbet választjuk ki. Jelen esetben, a példa megoldásában az átállási idő minimalizálása a cél, azaz a fán belüli legrövidebb út megtalálása.

Végül a módszer alkalmazásával kapcsolatban bemutatom az elért eredményt.

2 SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Vállalatok sokaságát találhatjuk meg a piacon, melyek azért jöttek létre, hogy teljesítsék a fogyasztói igényeket, miközben nyereséget realizálnak. A termelő vállalatok is értéket adnak a fogyasztóiknak azzal, hogy a beszerzett alapanyagokat, erőforrásaikkal feldolgozzák, és új terméket állítanak elő, melyért a vevő hajlandó és egyben melyet meg is tud fizetni. (Chikán; 2004)

A vevői igények folyamatosan nőnek, így például a vevők ma már elvárják az emelt színvonalú szolgáltatás mellett, hogy a szervezetek az igényeket a meghatározott mennyiségben, minőségben és időben teljesítsék. (Chikán; 2004) A mai világban a környezet azonban annyira dinamikussá vált, hogy a vállalatok olykor nem tudnak azonnal alkalmazkodni a változásokhoz, ami elégedetlenséget okoz a vevők körében.

Az információs technológia (IT) fejlesztések, a piaci globalizáció, a központosított műveletek, és a fokozott tudatosság a környezetvédelemmel szemben, az iparágakat arra kényszerítette, hogy újragondolják a termelékenységüket és a minőséget javító stratégiájukat és technikájukat, beleértve az átfogó operációmenedzsmentet. Az operáció menedzsmentnek ugyanis a tömegtermelésről a tömeges testre szabássá kellett fejlődnie. (Gunasekaran; 2012)

A vállalatoknak a termelési költségüket minimalizálniuk kell, versenyképességük megőrzése érdekében pedig azon felül, hogy teljesítik a fogyasztói elvárásokat, rugalmasabbnak, gyorsabbnak, minőségileg jobbnak kell lenniük, mint versenytársaik (Chikán; 2004). Ez alatt a paradigmaváltás alatt, a vállalatok számos új működési stratégiát, technikát, és technológiát hajtottak végre azért, hogy a világpiacon versenyezhesse. Ezek a stratégiák közé tartozik a just-in-time (JIT) stratégia, a teljes körű minőségirányítás (TQM), a rugalmas gyártási rendszerek (FMS), a számítógéppel támogatott termelés (CIM), az agilis gyártás (AM), a lean termelés (LP), üzleti folyamatok újraszervezése (BPR), gyors reagálású termelés (QRM) és az ellátási lánc menedzsment (SCM). (Gunasekaran; 2012)

Az operációkutatás egy olyan tudományos módszertan a matematikában, mely modelleket állít fel a rendszer tervezésének és irányításának javítása érdekében (Koltai; 2009). A termelésstervezés és irányítás az operációmenedzsment egyik magkompetenciája. Segít az erőforrások megtervezésében és azok olyan mértékű kihasználásában, hogy ma-

ximális termelékenységet, minőséget és versenyképességet biztosítson. A hagyományos operációmenedzsmenti feladatok, mint például az előrejelzés, aggregált termelés tervezés, anyagszükséglet megtervezése, a kapacitás tervezés, ütemezés, a raktározás irányítása, az elosztási rendszer és a minőségirányítás jól kialakítottak: racionalizáltak és egy megfelelő szoftverrel automatizálhatóak. (Gunasekaran; 2012)

2.1 TERMELÉSIRÁNYÍTÁS

A termelés esetében az irányítást az igények és a termelési rendszer adta technológiai lehetőségek és felhasználható erőforrások összehangolása jelenti (Chikán; 2004). A célok mindegyikének nem könnyű egyszerre megfelelni.

A termelés során átfogó irányítási rendszerre van szükség, melynek szintjei más-más feladatot látnak el. Ez a három szint a termelés tervezés, a termelésütemezés és a termelésprogramozás. Ez egy hierarchikus felépítésnek is mondható, melyben a termelés tervezés foglalja el a legmagasabb pozíciót. Ezen a szinten hosszabb időszakot és a fontosabb szempontokat vesznek figyelembe, mely alapján döntést hoznak. Az innen induló döntés befolyásolja az alsóbb szintek döntéseit, ezért azok legfontosabb szempontjaira már ezen a szinten is érdemes figyelni. A hierarchián lefele haladva a fentről érkező irányítási elvek mellett egyre részletesebb információkat vesznek döntéseik alapjául. Ezeken a szinteken már rövidebb időszakról döntenek. A három szint egymásba kapaszkodva tud működni, melyet együttesen termelésirányításnak nevezünk. Az irányítás során a vállalat lehetőségeinek és a piaci igényeknek összehangolásával kerül sor a legkedvezőbb gyártási feladatok megállapítására. (Tóth, 2002)

Az irányítás minden szintjén döntéseket kell hozni. A döntés alternatívák közötti választást jelent, melyek olykor egyszerűbbek, és könnyen meghozhatóak, máskor azonban bonyolultságuk miatt még hosszabb tárgyalások után is nehézséget okoznak (Gaál; 2007). A döntéshozatal lépései: a probléma azonosítása, alternatívák keresése, az alternatívák értékelése, választás és végrehajtás. Habár ezek a lépések logikus sorrendben vannak felépítve, nem feltétlenül követi az egyik lépés a másikat. (Schroeder; 1981)

A működést általában négy döntési kritériumra lehet leegyszerűsíteni: költség, minőség, megbízhatóság és rugalmasság. A költségek esetében először minden releváns költséget figyelembe kell venni. Ezután újra kell gondolni, és ki kell választani, azokat a költségeket, amelyek a döntést befolyásolhatják. Azokat a költségeket, melyek nincsenek hatással a döntésünkre, félre kell tenni, és elsősorban az előzővel foglalkozni. A minőséget a

terméktervezés és a tervezés módja befolyásolja, ahogyan a termék elkészül. Dönteni kell a termékről, a folyamatról, a munkaerőről, és a minőségirányítás véghezviteléről. A megbízhatóságot a készletszint százalékos arányával és a szállítási ígéretek teljesülésének százalékos arányával mérik. A rugalmasságot az egyik termékről a másikra átállás ideje adja meg. A vállalatok gyakran figyelmen kívül hagyják a rugalmassági célokat, azonban minden döntéshozatalban nagyon fontos szempont. (Schroeder; 1981)

Young és társai (2012) azt vizsgálták, hogy az időhiány milyen hatással van döntésekre. Egyik feltételezésük, hogy az időhiány kisebb kockázatvállaláshoz vezet, a másik pedig arra kereste a választ, hogy az időhiánynak különböző hatásai vannak a döntési viselkedésekben, hiszen nagyobb kockázatot vállalnak az emberek, ha a kilátások várható értéke pozitív, de kisebb a kockázatvállalási hajlandóságuk, ha a várt eredmény negatív. A kutatási eredményük azonban arra mutat rá, hogy ez nem minden esetben van így, az időhiány különböző hatással van a döntéshozatali folyamatokra.

Érdemes lenne megvizsgálni, hogy a „Papírdoboz” vállalat ütemterv készítőjére, milyen hatással van az időhiány, az újraütemezést mennyire higgadtan és ennek következtében eredményesen tudja elvégezni.

2.1.1 Termelés tervezés

A tervezés olyan tevékenység, melynek célja megkeresni azokat az utakat, amellyel eléri a szervezet által kitűzött célokat. „A tervezés az egyik legfontosabb menedzsment funkció.” (Gaál; 2007)

„A tervezés alapvetően fontos az emberi fejlődés szempontjából, de idegen a természet fejlődésétől. Mégis a természet törvényei kormányozzák azt, hogy mit tud az emberi elme feldolgozni: értelmetlen siránkozni a természeti törvények létezésének tényén, ellenben nagy haszon származik a törvények megismeréséből.”

(Starr; 1976. p. 209.)¹

A termelés tervezés a termelésirányítás legfelső szintje, mely felelős a termék előállításához szükséges erőforrások (munkaerő, berendezés) és alapanyagok olyan szintű meg-

¹Starr idézi Richard Neurat: „*Survival Through Design*” (Túlélés tervezés révén), New York, Oxford University Press, 1954.)

tervezésében, hogy a vevői igényeket ki lehessen elégíteni. (Egri et al; 2004) A termelés tervezése során is döntéseket kell hozni a termelési folyamat során, ami Vörös (1993) és Polzer (1995) szerint a következő tervezési szintekre bontható: stratégiai, taktikai és operatív. A tervezési szintek számára a jobb összhang megteremtése érdekében előre meg kell határozni, hogy milyen tervezési feladatot kell ellátniuk, milyen adatbázisból tudnak dolgozni és milyen kapcsolatban állnak a szervezeti egységekkel (Polzer; 1995). Stratégiai szinten a piaci információk ismeretében kitűzik az elérendő célokat, döntenek arról, hogy milyen beruházásokat érdemes véghezvinni (Vörös,1993), döntenek a terméktervezésről, a termelővonalról és a berendezésekről (Starr; 1976). Ezek olyan hosszútávú célok, melyeket alaposan és hosszan kell mérlegelni, mielőtt a döntés megszületik. A stratégiai tervezés nehézsége is ebből fakad, hiszen a dinamikusan változó környezetben nagyon nehéz a változó feltételeket előre jelezni és alkalmazkodni hozzá (Gaál; 2007), azonban úgy gondolom ez a környezet teremtette meg is azokat az eszközöket is, melyek segítségünkre vannak a megoldások keresésében, megtalálásában.

A vállalati célok elérésének érdekében az itt kitűzött célokat a következő szint, a taktikai szint tudomására kell hozni. A fentebbi szinten megjelölt stratégia részleteit dolgozzák ki, és habár kisebb az itt született döntések hatása a stratégiai szinten hozottakétól, a vállalat eredményességéhez nagyban hozzájárulnak. (Polzer; 1995) Ezen a szinten maximum egy évre néznek előre, meghatározzák az eljárási rendszert, módszert illetve az alkalmazandó erőforrások egészét is (Starr; 1976). Ennek megtervezését könnyíti meg az aggregált tervezés. Ilyenkor az azonos tulajdonsággal rendelkező termékeket egy termékcsaládba kell sorolni, és a tervezés során a családokhoz kell hozzárendelni az erőforrásokat (Vörös; 1993).

„Az aggregált tervezés középtávon (2-12 hónap) összhangba hozza a termelés-sel kapcsolatos változó igényeket és lehetőségeket.”

(Kovács, 2009. p.155.)

Figyelembe véve a két szinten megvalósult eredményt (Polzer; 1995), részletes kidolgozás az operatív szinten valósul meg, amikor is pontosan meghatározzák, hogy napi szinten mely termékeket, melyik gépen, milyen indítási sorrendben fognak gyártani. Ezek a hierarchikus szintek egymásra épülnek (Vörös; 1993), és kölcsönös függőség van közöttük (Polzer; 1976).

Láthatjuk, hogy a termelésstervezés komplex feladat, mely elsősorban választ ad a gyártási határidő, az előállítandó termékmennyiség, a szükséges emberi és gépi kapacitás, a prioritási szabályok figyelembevételével kialakított ütemezési sorrend tervezésére, a karbantartási időszerűség kérdésére. (Polzer; 1995)

Ni és társai (2012) tanulmányukban öt döntéstámogató eszközt – szűk keresztmetszet megtalálását, karbantartási lehetőség becslését, karbantartási feladatok rangsorolását, közös termelési és karbantartási tervezést, és a karbantartási munkaerő megfelelő szintű képzését – határozták meg a karbantartási tervezésre. Ezek az eszközök biztosítják, hogy a termelés és karbantartás közös tervezése esetén, három nagyon fontos szempont – a karbantartási és termelési erőforrások megfelelő kihasználása, a nem tervezett állási idők csökkenése, mellyel javul a termelékenység és maximalizálható a teljes termelési költség–teljesül. (Ni et al; 2012)

Ezeknek a feladatoknak az összefogása, szervezése, tervezése, irányítása és menedzselése a termelésvezető feladata. Mindemellett a termelésvezető feladata figyelemmel kísérni a piaci változásokat, a versenytársak lépéseit, illetve azt, hogy ezek milyen hatással voltak a saját vállalatukra nézve. A verseny azonban tágabb fogalom lett, hiszen már nemcsak azok a vállalatok jöhetnek szóba verseny terén, akik azonos termékeket gyártanak, hanem a helyettesítő termékeket gyártó szervezetekre is oda kell figyelni. (Starr; 1976)

2.1.2 Termelésütemezés

A tervezés és az ütemezés jelentősen befolyásolják a szervezeti teljesítményt, de kevés olyan szakirodalom van, ami azzal foglalkozik, hogyan lehetne vagy kellene szervezni, és felmérni a tervezési folyamatokat (Snoo et al; 2011). Az egyik legnehezebb menedzsment döntési feladat az, amikor korlátozott erőforrást kell elosztani a döntési alternatívák között. Tipikus példa erre a költségminimalizáló gyártástervezési probléma, melynek legfontosabb része az ütemezés. Az ütemezés célja a termelési idő és költség minimalizálása úgy, hogy a célkritériumok alapján az időben egymás után indítandó munkák sorrendjét és a hozzájuk kapcsolódó információkat (mikor, ki, melyik gépen, mit csinál) pontosan meghatározzuk (Chikán; 2004).

Ha meghatározzuk, hogy időben pontosan melyik gépsoron, milyen műveleteket kell elvégeznünk, ütemtervet alakítunk ki. Ennek kialakítására szolgál a termelésvezető vagy ütemező szaktudása, valamint a döntését támogató számítógépes rendszer. (Vörös; 1999)

Ütemezés során leginkább használatos a matematikai programozás, a heurisztikus algoritmusokon alapuló megoldások vagy a számítógépes szimuláció. A termelésstervezők, termelésvezetők leginkább számítógépes támogatást szeretnek használni az ütemezési feladatok megoldásához, hiszen ezzel és a szimulációk adta vizualizálási előnyökkel munkájukat könnyítik. (Chikán; 2004)

2.1.3 Termelésprogramozás

A termelésprogramozás során a termelési folyamat részletes tervezésére van lehetőség, hiszen ekkor rövid időt (napi műszakok idejét) kell átlátni. Pontosan ezért a döntéseik már tényeken alapulnak. A fő feladat a termelés zavartalanságának biztosítása a fentebbi szinteken adott utasítások betartásával. Azonban nincs olyan gyártás, ahol bizonytalanság vagy váratlan esemény nem lépne fel. Ilyen esetekben a programozás feladata a problémamegoldással töltött idő áthidalása is, ezért nagyon fontos, hogy a programozás rugalmas legyen. Szintén feladata a termeléshez szükséges erőforrások biztosítása, valamint azok rendelkezésére állásának ellenőrzése. (Tóth; 2002)

Finomprogramozás során a termelés folyamatosságának érdekében nemcsak a beszerzést - megfelelő nyersanyagok, és eszközök rendelkezésre állását, - de a gyártást is ütemezhetjük, figyelembe véve a prioritási szabályokat, a technológiai sorrendet, a tevékenységeket. (Hornýák et al; 2005)

„A nem megfelelő termelésprogramozással, gépterheléssel és sorbarende-
zéssel járó veszteségek igen nagyok lehetnek, s ezért ezek a termelésvezetés folya-
matos vizsgálatának középpontjában álltak eddig is.”

(Starr 1976: 282)

2.1.4 Átállási idő jelentősége

Az innováció mára az egyik legfontosabb sikertényező a termelékenység javításában. Az Európai Bizottság 1995-ben kijelentette, hogy habár az innováció koncepciója mögött az újdonság, a kreativitás és a találmány lapul, az mégis három fő blokk köré épül: a termékek, a folyamatok és a szervezetek köré.

A Toyota Termelési Rendszer (TPS) egyértelműen a folyamat innováció egyik élénk példája. A TPS fő célja a termelékenység növelése olyan eszközök alkalmazásával,

mint például a kis termelési tétel nagyság, a nem készletre gyártás, vagy a megelőző karbantartás. (Moreira, Pais; 2011).

A vállalatoknak mára kis tételszámban, sokféle terméket kell tudnia előállítani. Ahhoz, hogy ezt teljesíteni tudják, rugalmasnak kell lenniük. A rugalmassághoz hozzájárul az átállási idő is, ugyanis az egyik termékről való átállás egy másik termékre olyan mértékben növelheti a munkát, hogy az eddig kényelmesen tartható határidők is szűkössé válhatnak.

„Az átállás alatt azon cselekedetek folyamatát értjük, mely során a gép alkalmassá válik az egyik termék gyártása után a következő termék hibátlan gyártására.”

(Péczy et al, 2012. p.166.)

A japán gyártási filozófia alapötlete „a kevesebb több”. Arra ad választ, hogyan termeljünk többet kevesebb idő alatt, kevesebb termelési területet használva és kevesebb anyagi és humán erőforrást alkalmazva, úgy, hogy a fogyasztó által megkövetelt minőséget és a mennyiséget közben tartani tudjuk (Perinic et al.; 2009). A kulcskérdés tehát az, mi az a legkisebb mennyiség, amit gazdaságosan megéri termelni. Közvetlen kapcsolat mutatható ki a tétel nagyságok és az átállási idők között. Ha gyorsabb az átállás, kevesebb mennyiség is előállítható, ezért ezeket gazdaságosan tudja előállítani, és akár a rendelésre történő gyártástermelési politika is véghezvihető. Az átállás okozta rossz tervezés miatt azonban általában túlórára van szükség. Szinte természetesnek tekinthető, hogy az átállási idő az egyik legköltségesebb folyamat a vállalatok számára, mellyel szembe kell nézniük. (Cakmakci; 2009) Amennyiben tehát egy vállalat fő célja a költségcsökkentés, akkor a legjobb válasz a veszteségek megszüntetésében keresendő. Péczy et al. (2012) a veszteségek lehetséges forrásaként három nagyobb csoportot határoz meg:

- „Folyamat jellegű veszteségek”, melyek a Lean módszerek segítségével szüntethetők meg.
- „A berendezésekhez kapcsolódó veszteségek”, melyekkel a TPM foglalkozik, és
- „azok a veszteségek, melyekkel egyik megközelítés sem foglalkozik.”

(Péczy et al, 2012. p.158.)

A Lean menedzsmentben megjelenő veszteségeket Péczely et al; 2012 az *1. táblázat* alapján csoportosította.

1. táblázat: Lean menedzsmentben szereplő 3M

MUDA	MURA	MURI
- túltermelésből adódó veszteségek - várakozási idők - szállítási veszteségek - gyártási folyamatok veszteségei - raktározási veszteségek - a dolgozók nem értéktelítő tevékenységei - a selejtből és az újramegmunkálásból adódó veszteségek - kihasználatlan emberi tudás	- változékonyság - kiegyensúlyozatlanság	- termeléskiegyenlítés - ütemidő kiegyenlítés - sokoldalúan képzett munkaerő

Forrás: Péczely et al, 2012 /Saját szerkesztés

„A hét fő veszteség, ami a berendezés-hatékonyságra van hatással:

1. Meghibásodás miatti veszteség
2. Átállási veszteség
3. Szerszámcsereből adódó veszteség
4. Indítási veszteség
5. Mikroleállások, üresjárat miatti veszteség
6. Sebességvesztés
7. Selejt, újramunkálás miatti veszteség

Az öt további veszteség, mely a gyártáshoz szükséges erőforrásokra van hatással:

1. Anyagvesztés
2. Energiavesztés
3. Szerszám- eszközvesztés
4. Segédanyagvesztés
5. A karbantartási erőforrás nem hatékony felhasználása”

(Péczely et al, 2012. p.164.)

A kutatás során az átállási időt szeretnénk csökkenteni, azaz az átállási veszteséget szeretnénk megszüntetni.

„Az „átállási veszteség” időtartama az utolsó eladható darab befejezésétől a folyamatátállási tevékenységeken keresztül az első eladható darab elkészüléséig tart.”

(Péczy et al, 2012. p.165.)

Az átállási idő minimalizálásával kapcsolatban a SMED módszer a legismertebb. A SMED (single minute exchange of die), azaz az egy számjegyű perc alatt történő szerzőcsere bevezetése, lehetővé teszi a gyors reagálást a keresletingadozásra és az átfutási idők csökkentését, miközben az átállás során történő pazarlásokat kiküszöböli (Moreira, Pais; 2011).

A vállalatok emellett azonban a munkák összehangolásával továbbcsökkenthetik ezt az időt. A termékek gyártási sorrendjét úgy kell kialakítani, hogy a termékek közötti átállási időt ezúton is minimalizáljuk. Ez az idő termékenként változhat, így ilyen esetben célszerű megvizsgálni az átállási időket és azok összegét a minimális szinten tartani.

Az átállási idő csökkentésével a termelés rugalmassága kiterjed, így a gyárak már megengedhetik maguknak a gyakoribb termékösszetétel változását is. A gépek és az eszközök használatának ideje a rajtuk végzett átállási idő csökkentésével növekedni fog. (Ulutas; 2011)

A munkák elvégzésére az utazó ügynök problémája kínálja a legjobb megoldási javaslatot, ahol a munkákat tekinthetjük városoknak, a két munka közötti átállási időt pedig az utazási időnek. A városok közti útvonal megtervezése helyett pedig a munkák sorrendjét tudjuk megállapítani. Ennek bemutatása előtt a gráfelméleti módszereket is szükséges megismerni.

2.2 GRÁFELMÉLETI MÓDSZEREK

Az informatikai eszközök mára lehetővé tették, hogy jelentős mennyiségű adatot lehessen tárolni. Ezeket az adatokat elemezve olyan új ismereteket fedezhetünk fel, amelyek hozzájárulhatnak a gazdasági, vagy mint láthatjuk jelen esetben termelési döntések megalapozottságához. (Fogarassyné, 2011)

Az elemzéshez nem elegendő a tárolt adat megismerése, ezek elemzéséhez ki kell tudni választani a megfelelő elemzési módszereket is. Segítségükkel az adatok máris információként szolgálnak, mellyel a kitűzött cél elérhetővé válik. (Fogarassyné, 2011)

A termelési feladatok esetében előfordulhat, hogy olyan nagy mennyiségű adatot kell kezelni, hogy az azokból kihozható legjobb megoldás nagyon hosszú ideig tartana. Ez azonban nem azt jelenti, hogy megoldhatatlanok, csupán ilyen esetekben a számítógép segítségével kell alkalmazni. Ahhoz, hogy a számítógéppel választ lehessen adni a problémára, szükséges, hogy maga a probléma numerikus formában is megjelenjen. Szintén meg kell határozni azokat a célfüggvényeket, melyeket a vállalat el szeretne érni például: költségcsökkentés, profitmaximalizálás, stb. Ezután meg kell találni azt a módszert, amellyel a számítógép elfogadható időn belül meg tudja oldani a problémát. (Tóth, 2002)

A hálózatokat gyakran gráfelméleti megoldásokkal modellezzük. A gráfelméleti módszerek bemutatása előtt azonban az alapvető definíciókat kell megismerni. Ezekre a továbbiakban is szükség lesz.

Definíció: „**Gráf:** $G = (N, A)$ egy véges ponthalmaz (csúcsok), és egy véges pontpár halmaz (élek) együttese. N ponthalmaz a pontok=csúcsok halmaza $N = \{N_1, N_2, \dots, N_n\}$. A pontpár halmaz az élek=pont párok halmaza $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$, ahol $A_k = (N_i, N_j) \in A$.”

(Ahuja et al, 1993; Kosztyán: Kvantitatív módszerek előadás, 2011)

A gráfok esetében megkülönböztethető az irányított és az irányítatlan gráf. A kettő közötti különbség a rendezettségükben mutatkozik meg. Míg az irányított gráfnak van kezdő és végpontja, addig az irányítatlan gráfok nem rendezettek, azaz kezdő és végpontjuk nincs előre meghatározva. Amennyiben az irányított vagy irányítatlan gráf minden éléhez legalább egy számot rendelünk, akkor azzal már megadjuk az él súlyát. Az él súlya kifejezhet pénzt (pl: autópálya díj két egymást összekötő város között), időt, vagy akár a kommunikáció erősségét, stb.

Definíció: „**Súlyozott gráf:** irányított vagy irányítatlan gráf akkor, ha minden éléhez egy vagy több számot rendelünk.”

(Ahuja et al, 1993; Kosztyán: Kvantitatív módszerek előadás, 2011)

A feladat megoldásához tisztában kell lenni az irányított és irányítatlan út fogalmával is.

Definíció: „**Irányított út**: Élek olyan sorozata, amelyben bármely él végpontja azonos a következő él kezdőpontjával (kivéve az utolsót).”

(Ahuja et al, 1993; Kosztyán: Kvantitatív módszerek előadás, 2011)

Definíció: „**Irányítatlan út**: Az élek olyan sorozata, melyben bármely két szomszédos élnek van közös pontja.”

(Ahuja et al, 1993; Kosztyán: Kvantitatív módszerek előadás, 2011)

Definíció: „**Irányított (egyszerű) út**: Olyan irányított út, ahol minden él csak egyszer szerepel.”

(Ahuja et al, 1993; Kosztyán: Kvantitatív módszerek előadás, 2011)

Az irányítatlan út megismerése után már tudjuk értelmezni az összefüggő gráf definícióját.

Definíció: „**Összefüggő gráf**: Egy gráfot összefüggőnek nevezünk, ha bármely két pontja között létezik egy irányítatlan út.”

(Ahuja et al, 1993; Kosztyán: Kvantitatív módszerek előadás, 2011)

„Egy gráf összefüggő, ha bármely két pontja egymásból úttal elérhető”

(Andrásfai, 1997:13)

Kör esetén az éleknek a kezdő és végpontjuk egymásba fut, azaz a definíció szerint:

Definíció: „**(Irányított) kör**: Olyan (irányított) út, amelyben az első él kezdőpontja azonos az utolsó él végpontjával. Tulajdonképpen a kör is egy út, amelynek a kezdő és végpontja ugyanaz a csúcs.”

(Ahuja et al, 1993; Kosztyán: Kvantitatív módszerek előadás, 2011)

Definíció: „**(Irányított) egyszerű kör**: Olyan (irányított) kör, melyben az él csak egyszer szerepel.”

(Ahuja et al, 1993; Kosztyán: Kvantitatív módszerek előadás, 2011)

Mindezek definiálására azért volt szükség, hogy megértsük mit is jelent maga a fa.

Definíció: „**Fa**: Összefüggő, kört nem tartalmazó gráf. Egy gráf fa, ha nem tartalmaz kört (vagyis erdő), és összefüggő.”

(Ahuja et al, 1993; Kosztyán: Kvantitatív módszerek előadás, 2011)

„A körmentes gráfot ligetnek vagy erdőnek nevezzük. Ha a liget összefüggő, fagráfnak vagy fának nevezzük.”

(Andrásfai, 1997:17)

„Egy gráf akkor és csak akkor fagráf, ha bármely két pontját pontosan egy út köti össze.”

(Andrásfai, 1997:18)

A döntési fa jelentősége abban nyilvánul meg, hogy elkészítésével vizuálisan megjeleníthető az összes döntési lehetőség, amelyet egy determinisztikus algoritmus végezhet. Az összetett és többféle döntési lehetőségek elemzését könnyítjük meg ezzel. A döntési fa egy fa formájú folyamatábra, mely gyökerétől indulva irányított útvonalon keresztül lehet eljutni a fa leveleihez. Így lehetőség van arra, hogy az adott csúcs bemenete és kimenete is látszódjon. (Fogarassyné, 2011)

A döntési fa lényege, hogy bonyolult összefüggéseket, melyeket akár már lehetetlen számítógép alkalmazása nélkül átlátni, azokat kisebb döntési egységekre bontva viszi végig. Ezek a döntési egységek különböző szinteken helyezkednek el. A legfelső szinten a teljes adathalmazt lefedő egyetlen csúcs van, melyet gyökérnek nevezünk. Ebből a csúcsból újabb csúcsok indulnak ki, melyek újabb és újabb alacsonyabb szinten elhelyezkedő csúcsokba fejeződnek be. A levélcsúcsok jelentik magát a döntést. Amennyiben bármelyik csúcs esetén már egy tulajdonság ki lett választva, úgy azt a következőekben már nem kell vizsgálni. A gyökértől haladva a levélcsúcsok felé, az oda vezető utak értékelhetőek, majd ezek a feltételek összevethetőek. A döntési fából így könnyen osztályozási szabály kapható, mely igazából a végső döntést befolyásolja. A döntési fa előnye, hogy a végső döntéshez vezető szabályokat még a döntések elkezdése előtt meghatározhatjuk. A lényeges változókat azonnal kezelni tudja, ugyanis automatikusan felismeri azokat.

A döntési fát topologikus rendezéssel is ki lehet alakítani, melynek lépései a következők:

1. van n darab csúcsunk, melyeket egymással élek kötnek össze. Minden élen szerepel egy szám, ami az adott él hosszát adja meg. Pl: minden csúcs egy várost jelent, a városok közötti időt pedig az él hossza.
2. Először topologikusan rendezzük a csúcsokat. Ez azt jelenti, hogy válogassuk ki azokat a csúcsokat, amelyeknek csak kimenő élei vannak, bemenő nincs. Ezeket adják a fa első szintjét. (Azokat a csúcsokat, melyeknek csak kimenő élei vannak, bemenői nincsenek, a szakirodalom forrásoknak nevezi.) Ezután töröljük ennek a csúcsnak a kimenő éleit. Így ismét lesznek olyan csúcsok, melyeknek csak kimenő élei lesznek.
3. Rajzoljuk fel ezeket a bemenő él nélküli csúcsokat (forrásokat) egy vonalba.
4. Töröljük ezen csúcsok kimenő éleit is, majd rendezzük őket egy következő szintre.
5. Folytassuk ezeket a műveleteket addig, míg a legalsó szintet is meg nem határoztuk.
6. Ezután kössük be az éleket az eredeti diagramnak megfelelően és írjuk rá az élek súlyait.

A szintek rendezését jellemzi, hogy nincs visszafelé mutató él, nincs benne irányított kör. Abban az esetben, ha az élek csak pozitív súllyal vannak ellátva, Dijkstra algoritmusról van szó. Ennek a topologikus rendezésnek a segítségével már könnyen meg lehet keresni a **legrövidebb** utat. (Kosztyán, 2011.)

Definíció: „Egy $G=(N,A)$ irányított körmentes gráf **topologikus rendezésén** a csúcsainak egy olyan sorba rendezését értjük, melyre teljesül, hogy ha $N_1, N_2 \in N$ és $(N_1, N_2) \in A$ akkor N_1, N_2 –t előzze meg a listában.”

(Kosztyán; Kvantitatív módszerek előadás, 2011.)

Definiáltuk tehát a döntési fát, mely a módszer alapját képezi. A fa megrajzolásához ismernünk kellett a kialakítás feltételeit, az örökérvényű szabályokat. A döntési fa nem elég a feladat megoldásához, ezzel a vállalat célfüggvényét még nem értük el. A fa felépítése után még szükség lesz a legrövidebb út megkeresésére. Amint már fentebb is írtam a csúcsokat összekötő éleknek súlyuk van, ha számmal látjuk azt el.

A legrövidebb út keresésekor a kiindulópontot és a végcélt összekötő csúcsok éleinek súlyát kell összeadni és a lehetséges utak közül a minimális értékűt kiválasztani.

2.3 UTAZÓ ÜGYNÖK PROBLÉMA

Az utazó ügynök probléma (Traveling Salesman Problem, TSP) felrajzolható gráfként. Ebben az esetben a városok a gráf csúcspontjait, az élek a városok közötti utat, míg az élek súlyai az út hosszát jelölik. Ez a klasszikus TSP probléma, mely egy nehéz kombinatorikus optimalizálási feladat is egyben. Az így kialakított gráfon végighaladva megkereshetjük azt a legrövidebb utat, amely során minden várost pontosan egyszer érintünk.

Sokféle terméket gyártó üzem tervezése TSP problémának mondható. Ebben az esetben ugyanis a városokat felcseréljük a termékekkel, az ezeket összekötő élek pedig a termékek közötti átállási idő lesz. Az utazó ügynök probléma NP-teljes problémaosztályba tartozik, tehát a problémát nehéz megoldani nagy számú termékek esetén, ésszerű időn belül. A tervezési problémát egy vegyes egész lineáris programozási modellel lehet megfogalmazni (MILP). Célfüggvény lehet az üzem profitjának növelése, vagy a működési költségek csökkentése. (Songsong et al; 2008)

A megértés érdekében azonban fontosnak találtam feldolgozni, hiszen kis számokkal mutatja meg, hogyan számol a programunk nagy számok esetén. (Haase, Kimms; 2000)

Ozgur, Brown, (1995) cikke szerint a Two Stage Traveling Salesman – (Kétszakaszos utazó ügynök probléma TSTS) jobbnak bizonyulhat bizonyos típusú problémák esetén. A TSTS első szakaszában az átállási időket kell meghatározni (mátrixban). A Kétszakaszos utazó ügynök probléma második szakasza a korlátozás és vágás módszer. A termékeket családokba kell sorolni, majd a családokon belüli sorrendet kell meghatározni. A csoportosítás azért fontos, mert 1) az átállási idő bármelyik két termék esetében különböző családokból nagyobb, mint az átállási idő egyik termékről a másikra ugyanabban a családban és 2) az ütemezési feladatok egyszerűbbek termékcsaládok esetében. A hierarchikus klaszterezési technikára van szükség a termékek családokba sorolásához, ami az átállási idő hasonlóságán alapszik. Ahány termék, annyi klaszter van. Először, a két leginkább hasonló terméket egyesítik, aztán a következő két hasonló terméket vagy egy terméket és egy családot vagy két családot egyesítenek egy klaszterben. Ez addig tart míg minden részcsaládot egy klaszterre nem egyesítenek. A fő különbség a különböző hierarchikus klaszterezési eljárások között a számítási távolság. Ha a termékeket már családokba soroltuk, a TSP-vel meg lehet oldani minden családot.

Az átállási idő javítására alkalmazható utazó ügynök probléma megoldási javaslata azonban csak részben jó megoldás. A TSP ugyanis megengedi, hogy ugyanoda érkezzünk vissza, ahonnan elindultunk. Számunkra ez a lépés nem szükséges, hiszen amit már egyszer legyártottunk, az azzal jelölt csúcsot elhagyhatjuk. A fő ok azonban, amiért saját módszer kialakítására került sor az az, hogy a példában szereplő nyomdaiparban olyan sokféle színt képesek előállítani, hogy maguk a termékek száma meghatározhatatlan. Az átállás során tehát nem a termékek szintjén kell vizsgálódnunk, hanem mélyebb szinten, a termékeket összetevő színekén.

Az összetevők családokba sorolása jó kiinduló alap lehetne jelen esetben is, azonban a színek esetében ezek szintén nehezen meghatározhatóak. Egy színt több színből kevernek össze, így ez az adott szín több termékcsalád tagja is lehet. Ráadásul, a színek keverésének százalékos aránya befolyásolhatja az átállási időt is.

3 A MÓDSZER ÁLTALÁNOS BEMUTATÁSA

A kutatás során a mélyebb szinteken való átállási idő csökkentésére koncentráltunk. A módszer újítása abban nyilvánul meg, hogy a részek egészének átállási idejét minimalizálva határozzuk meg az adott termék minimum átállási idejét, melynek segítségével kialakítjuk a gyártási sorrendet.

3.1 A MÓDSZER LÉPÉSEI

1. Adott időintervallumba tartozó termékek összetevőinek megnevezése,
2. A döntést korlátozó paraméterek meghatározása.
3. A döntési fa felrajzolása
4. A döntési fa kiegészítése az élek súlyának megadásával.
5. Legrövidebb út keresése a lehetséges megoldások közül. A legkisebb átállási idejű gyártási sorrend meghatározása.

3.2 A LÉPÉSEK RÉSZLETES KIFEJTÉSE

1. Adott időintervallumba tartozó termékek összetevőinek megnevezése

Az ütemezés során meghatározzuk milyen időintervallumra előre osztjuk be erőforrásainkat. Ezt az időszakot egyben kezeljük, így az ekkor gyártandó termékek összes összetevőjét rendszerezzük. Az összetevők közötti átállási időket meghatározzuk, azt mátrixban jelöljük.

2. A döntést korlátozó paraméterek meghatározása.

Szükséges meghatározni minden korlátozó kritériumot is, mely ebbe az időszakra esik. Minél több megkötést adunk, annál kevesebb permutációs lehetőség van. Ilyen korlátozó feltétel lehet például a szállítási határidő figyelembe vétele.

3. A döntési fában való felrajzolása

A megkötések figyelembe vételével felrajzoljuk a döntési fát, melynek csúcsai az összetevőket jelölik. Fontos, hogy szintenként az egyes termékek minden összetevője megjelenjen.

4. A döntési fa kiegészítése az élek súlyának megadásával.

A döntési fa felrajzolása után az élek súlyait határozzuk meg, azaz az adott összetevők közötti átállási idő értékét jelöljük.

4. Legrövidebb út keresése a lehetséges megoldások közül és a legkisebb átállási idejű gyártási sorrend meghatározása.

Az egy termékhez tartozó összetevők átállási idejét összeadjuk, mely megadja a termékek közötti átállási időt. Ezt az adott időintervallumban gyártandó összes termékre vonatkozóan megtesszük. Ezek közül a legkisebb összeggel járó átállási időt választjuk, mely megadja egyben a legkedvezőbb gyártási sorrendet.

A módszer bármilyen rendszerre általánosítható, ahol a termékeket összetevő elemek alapján szeretnék meghatározni a gyártási sorrendet. A kombinatorikai probléma nehézsége miatt érdemes minél több megkötést alkalmazni, vagy rövidebb időintervallumot figyelembe venni. A megoldási keresést könnyíti, ha a döntési fa felépítését számítógéppel végeztetjük el, és futtatjuk le.

4 A MÓDSZER ALKALMAZÁSA GYAKORLATI KÖRNYEZETBEN

4.1 A GYAKORLATI KÖRNYEZET

Ahhoz, hogy meg tudjuk vizsgálni egy ütemezési folyamatot, ismernünk és értenünk kell jelen esetben a „Papírdoboz” vállalat nyomógépeinek működését és ütemezési folyamatát.

A „Papírdoboz” vállalat jelenleg Excel táblázat segítségével ütemezi tevékenységeit. A termelésütemező nyomógépi munkájának könnyítése, valamint a racionálisabb ütemezés érdekében készítettem egy termelés ütemezését segítő döntési fát, melyen a legrövidebb út keresésével a termékváltáskor jelentkező átállási időt lehet csökkenteni. Úgy gondolom, hogy ennek a módszernek az alkalmazásával, a rendelkezésre álló erőforrásokat jobban ki tudná használni a vállalat, a költségek csökkenthetőek, és a gépek kapacitása is jobban kihasználható lehetne.

4.1.1 Ütemezés szempontjából fontosabb tudnivalók a nyomógépről

A technológiai lépések első főfolyamata a nyomtatás, ahol kettő B1-es formátumú, 5+lakkos nyomómű, KBA típusú, ofszet nyomtató áll rendelkezésre. Ezek alapján látható, hogy leginkább B1-es formátumú papírt használnak, azonban a kisebb méretű ívekre való nyomtatás sem akadály a cég számára. (Ilyen esetekben, meghatározott méretekre előre szétvágják a B1-es formátumú papírlapokat). Az ív nagyságának kiválasztása a különböző dobozméretektől függ. Az előkészítőben határozzák meg az ívméretet, törekedve annak lehető leggazdaságosabb kihasználásra.

Az 5+lakkos nyomómű azt jelenti, hogy a nyomtatás során öt nyomómű (werk) és egy lakkozómű áll rendelkezésre. A nyomóművekbe öntik a különböző színű festékeket. Egy szín egy werket vesz igénybe. Ha több mint öt színes munka érkezik, akkor azt kettő menetben tudják csak megoldani. Kétirányú illesztéssel (alap- és oldalillesztéssel) érik el, hogy a nyomtatás ilyenkor ugyanoda essen, biztosítva ezzel, hogy a festékek hajszálpontosan fedjék egymást. A nyomógépben az ívet zárt rendszerben, ívfogó rendszer viszi végig a pontos átadás érdekében.

A nyomtatás során a négy nyomdai alapszínen (cián, bíbor, sárga és fekete) kívül direkt színeket is használnak. A megfelelő színek alkalmazásához mérőműszereket használnak, melyeknek alkalmasságát folyamatosan ellenőrzik, biztosítva ezzel is a minőségi termék előállítását. (Ez a folyamatos ellenőrzés az egész vállalatban belül megtalálható). A

direkt színek alkalmazása azonban az egyszerűbb beszerzés és az átállás nélküli nyomtatás lehetőségét zárja ki. Jobb esetben a direkt szín ki van keverve, azonban egyes alkalmakkor a nyomtatást a színkeverés előzi meg. Ez egy hosszabb folyamat, mely az átállási idő hosszát növeli, míg például ugyanaz a szín használata két különböző terméknél, nem jár átállással.

Amennyiben az öt werk közül csak hármat vagy négyet kell használniuk, úgy az első werket szabadon hagyják, azonban a termelés során elindítják. Ilyenkor úgynevezett szatinálást végeznek, azaz az első szabadon hagyott werk portól tisztítja meg a papírt.

A kirakónál egy raklapnyi termék elkészülése után, megállnak, kiveszik a legyártott termékeket, majd újra elindítják a gyártást.

4.1.2 Ütemezés, ahogy a vállalatnál működik

A termelésvezető vagy a termelésprogramozó egy Excel táblázat segítségével próbálja megállapítani két hétre előre a munkák sorrendjét. A sorrend kialakításakor elsődleges szerepet játszik a határidő betartása. Ennek elérése érdekében megpróbálják előre kiszámolni, mennyi időt vesz igénybe az adott termék gyártása. A nyomógépekre vonatkozóan az azonos színekkel rendelkező termékeket keresik ki akár két hétre is előre. Amennyiben a két hétben megjelenik kétszer ugyanaz a termék, de más határidővel, és a többi termék határideje is engedi, akkor a két terméket egyszerre nyomtatják ki, és a vállalat vállalja a raktározási költséget. Mindezek figyelembe vételével próbálja meghatározni, hogy mi lenne a helyes sorrend. A termelésprogramozó csak a napi munkákat viszi le a termelésbe, ott már többel egy nap során nem foglalkoznak.

A nyomtatás középvezetője a napi munkatáskákat átnézi, majd amennyiben szükséges papír vágatása, úgy azt a feladatot azonnal kiadja. A nyomóművek között a következők szerint osztja be a munkákat. Az első nyomógépre inkább a három- négy színes munkák kerülnek, mivel a hengerei ennek a gépnek kopottabbak. Annak érdekében, hogy a minőség rovására ne dolgozzanak, a nagyobb ívméretű, több színes munkákat inkább a második, azaz az újabb gépre osztja be. Az első nyomtatón inkább az A1-es és kisebb méretű munkák mennek.

Ezután a gépmester a megkapott munkákat megpróbálja olyan sorrendbe állítani, melyek kedvezőek átállás szempontjából. Az eredmények azt mutatják, hogy csak olyan esetben sikerült ezt megvalósítani, amikor két termék színei megegyeztek, vagy a színek ismerete miatt és a hosszabbtávú határidő miatt cserélgethette a munkákat. Erre azonban

nem sűrűn van lehetőség, és az ésszerű sorrendiséget mutató munkák kialakítása helyett, a határidők tartása miatt gyakran a nagyobb átállási időt választja a vállalat. Ilyenkor a gépmesterek előre megkapják a gyártási sorrendet, a kialakításkor nem vonják be őket, és a termelési sorrenden nem változtathatnak. Az elmondások szerint nem értik a logikátlan munkák sorrendjét. A vállalatvezetés itt jelentkező hibája, hogy nem magyarázza el, hogy miért hoz ilyen döntést – pl: más befolyásoló tényezők miatt alakult így a sorrend – ezért ez gyakran elégedetlenséget vált ki. Az elégedetlenség egyik legfőbb velejárója, hogy ez szintén hozzájárul a magas átállási időhöz.

Az ütemezés egyik legnehezebb része a hosszú és költséges átállási időkből adódik. Nehéz megszervezni a gyártás sorrendiségét úgy, hogy a határidőket tartva, de termelékenységet növelve tudjanak termelni, hiszen a folyamatos működés érdekében a gépek állási idejének a lehető legkevesebbnek kellene lennie. A megfigyelések alapján magukon az átállási időkön is lehet javítani, de az ütemezés során is érdemes figyelni, hogy az egyik termékről a másikra történő átállás során a legkisebb átállási idővel járó termékeket ütemezzük egymás után.

A hosszú átállási idők miatt a gépek kapacitása kihasználatlan, és az ezekből fakadó állási időt azzal „kompenzálják”, hogy a karbantartástól veszik el az időt, ami a lehető legrosszabb megoldás.

Kutatásom során célom egy olyan modell kialakítása, melynek alkalmazásával a „Papírdoboz” vállalat nyomógépének ütemezését segíthetem. Az ütemezés célja az átállási idő minimalizálása.

A gráfelméleti módszerek feldolgozása közben olyan megoldási lehetőséget kerestem, amely biztosítja, hogy a sorban beérkező, különböző feltételekkel leírható munkák gyártási sorrendjének lehetőségeit elemezzem. Az egyik lehetséges megoldás a gráfok, azaz a csomópontok és az őket összekötő élek alkalmazása. A munkák modellezésére a döntési fát alkalmaztam. A célfüggvény eléréséhez azonban ez nem elegendő. A minimális átállási idővel járó sorrend meghatározására a döntési fa összes lehetséges megoldása közül a legrövidebb utat kell megkeresni.

A módszer alkalmazhatóságának bizonyítására, az ütemezést segítő kialakított módszerrel egy régebbi adatsoron mutatom be, hogyan kellett volna összeállítani az adott műszak ütemtervet úgy, hogy a munkák közötti átállási idő minimális legyen. Ennek bemutatására kerül most sor.

4.2 A MÓDSZER KIALAKÍTÁSA

A módszer kialakítása előtt figyelembe kellett vennem, hogy nagyon változatos termékválasztékot kínál a vállalat. Ez azt jelenti, hogy a műszakonkénti átállások száma több munkatáskát is érinthet. A probléma az, hogy az átállás során végzett mosás idejének nagy része kézi műveletes feladat, és csak kevesebb automatizált lépés van. Ennek az a hátránya, hogy a munkatáskák színeinek különbözőségének arányában nőhet a csúcspontok száma, ami meglehetősen nagy mértéket jelenthet. Ezek a döntési fa részét képezik. A kézi átállások miatt pedig kevés esetben lesz elegendő az egyszeri mosás. Előnye azonban, hogy megfelelő számítógépes háttérrel a modell kialakítása után, már gyorsabban alkalmazható és egyszerűen kezelhető.

A döntési fa tehát arra szolgál, hogy grafikusán ábrázolja a különböző döntési utakat. A fa csúcsai kialakításakor azokat topologikusan rendeztem. Első szinten azt a csúcsot látjuk, melynek csak kimenői élei vannak. Ez nem más, mint maga a werk, amibe a színt szeretnénk tenni. Ezután töröltem a kimenői éleket, és második szinten azokat a csúcsokat helyeztem el, melyek így lettek források, azaz csak kimenő éllel rendelkező csúcsok. Ezen a szinten a példában szereplő összes szín szerepel, ugyanis így minden döntési lehetőséget át tudunk tekinteni. Ezután még két szintet határoztam meg így, majd a lehetséges átállási lépéseknek megfelelően a csúcsokat összekötöttem. Egy adott állás annyiszor jelenik meg a fában, ahány féle úton eljuthatunk hozzá a gyökérből indulva. A döntési fát úgy alakítottam ki, hogy az egyszerűen kezelhető, körmentes gráf legyen.

A csúcsokat összekötő élek kaptak egy súlyt. Ez a súly a termékváltás miatti mosási egységet mutatja. Minden termék után szükséges a werkeket egyszer elmosni annak érdekében, hogy a minimális színkeverés se történjen meg, azonban vannak olyan esetek, amikor ezen felül is szükséges pluszban mosni. Az éleken jelölt egység az egyszeri mosást nem tartalmazza, ezért van lehetőség arra, hogy az él súlya nulla legyen.

A termékek különbözősége miatt rengeteg szóba jöhető szín van. A nyomdai szakemberek segítségével azonban meghatároztam azokat a színeket, melyek rendszeresen visszatérnek, több termék előállításánál is jelen vannak. Ezekről a színekről készítettem egy táblázatot, mely tartalmazza, hogy átálláskor az adott színről egy másik rendszeres színre a werk mosása mennyi alkalmat követel meg. Egy sötétebb színről egy világosabb színre ugyanis nehezebb átállni, több mosást igényel, mint egy világos színről annak söté-

tebb változatára való átállás. Azoknak a színeknek, amelyek nem gyakoriak, a mosási igényét, valamint a róluk való átállást a legmagasabb mosási egységgel láttuk el.

A feladat elkezdése mindig a werktől indul ki. Egy munka több színből állhat. A táskán belüli színekre nincs lehetőség átállni, azok mindegyike külön werkbe fog bekerülni. Így az első szín kiválasztása után, a fa többi ága már csak azokat a színeket tartalmazza, amire ténylegesen át lehet állni. A munka többi színe csak az adott színnel párhuzamosan, azaz egy szinten jelenik meg vele. Ezeket a lépéseket mind az öt werk esetében végig kell vinni, és mindig a döntési fa elejéről indulva. Ha bármelyik szín bármelyik werkbe kerülhet, úgy érdemes minden színt megvizsgálni már az első werknél. Így kiderül, melyik munkával kell kezdeni azért, hogy az átállási időt minimalizálhassuk. Mivel ilyen esetben a színek elosztása független a werkektől, így azok helyét mi választhatjuk ki. Amennyiben azonban egy werk színe meghatározott (például: első werkbe piros színnek kell kerülnie), úgy azt választjuk ki, és csak a további szinteken vizsgáljuk meg döntési lehetőségünket.

Az utak bejárása után ki kell választanunk a legrövidebbet. A példán keresztül majd pontosabban láthatjuk, hogy a munkatáska színei azonban kötöttek. A színenkénti legrövidebb utak kiválasztásakor oda kell figyelni, hogy két különböző színről egy ugyanarra a színre nem állhatunk át. Léteznek pedig olyan esetek, hogy mind a két színről egy ugyanarra a színre való átállás lenne a legrövidebb.

A legrövidebb utak kiválasztása után, a munkatáska összes színének a legrövidebb útját össze kell adni. Erre azért van szükség, mert egy segéd van, aki a mosást végzi, így minden egyes szín mosása külön történik, azoknak a mosási ideje összeadódik.

A példában ezeket a mosásokat táblázatban adtam össze, így jól látható, hogy éppen melyik színről mire akarok átállni és az mennyi időt vesz igénybe. Ezeknek az időknak a kiszámítása után, meg tudjuk határozni, hogy mi legyen a munkák sorrendje.

4.3 A MÓDSZER BEMUTATÁSA EGY RÉGEBBI ADATSORON

A feladatban tegyük fel, hogy az egyszeri teljes átmosásra már sor került, és csak az ezen felüli mosások számát határozzuk meg.

Tételezzük fel, hogy a vállalatnak három termék termelési sorrendjét kell meghatározni, melyeknek gyártási határidejük ugyanaz a nap, és a gyártáshoz csak egy gép áll a rendelkezésükre. A munkatáskák színei, azaz a termékhez szükséges színek (jelöljük őket az ABC betűivel az egyszerűség kedvéért) a 2. táblázat szerint alakulnak.

2. táblázat: Gyártandó termékek színei

Termék/ Werk	1. werk	2. werk	3. werk	4. werk	5. werk
1. termék	M	C	F	G	P
2. termék	I	F	G	O	-
3. termék	G	F	B	D	N

A második termék esetében láthatjuk, hogy gyártásához elegendő a négy szín, egy werk üresen maradhat. Ilyen esetben annak az egy werknek a működése kikapcsolható. Az elmondások alapján a werknek az előző termékről való tisztítását majd csak a gyártás alatt végzik el, ezért annak átállási idejét nullával számoltam, hiszen az átállás során nem veszünk miatta időt.

A mosási egységeket gépmesterek segítségével állapítottuk meg, mely a jelen esetben a 3. táblázat szerint alakul.

3. táblázat: Mosási egységek

Ról→ Ra ↓	M	C	F	G	P	I	O	--	B	D	N
M	0	--	3	2	3	3	3	0	1	3	3
C	--	0	2	2	3	3	3	0	1	1	3
F	1	3	0	1	3	3	3	0	2	3	3
G	2	3	1	0	3	3	3	0	2	3	3
P	3	3	3	3	0	3	3	0	3	3	3
I	1	2	3	2	3	0	3	0	2	3	3
O	3	3	3	3	3	3	0	0	3	3	3
--	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1	3	3	3	3	3	3	0	0	--	3
D	1	1	2	2	3	3	3	0	--	0	3
N	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0

A termékek színei visszatérőek, gyakran használt színek, kivéve jelen esetben az „O” és a „P” színt. Ezek „egyéb” színnek felel meg, így a mosási egységük bármelyik termékhez viszonyítva is nézzük, háromnak számít. A visszatérő színek átállási idejét pe-

dig a táblázatból tudjuk leolvasni. Az oszlopok mutatják, hogy miről szeretnénk átállni, és sorokban láthatjuk, hogy mire tudunk. A hozzájuk tartozó számok pedig a színek mosási egységet mutatják, melyek egyben az élek súlyait képviselik. A táblázat segítségével tehát már könnyen meghatározhatóak a döntési fában szereplő élek súlyai.

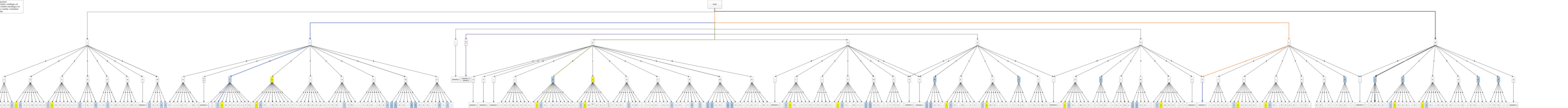
Láthatjuk azt is, hogy vannak olyan színek („G”, „F”), melyek mind a három munkatáska esetén megegyeznek. Ezekkel van a legkönnyebb dolgunk, ugyanis ugyanarra a színre való átállás során nem kell tisztítani az adott werkot, csak a szükséges festékmenyiséget kell beletenni. Így ennek átállási ideje is nullának mondható tisztítás szempontjából.

A többi esetben azonban nem vagyunk ilyen könnyű helyzetben, ugyanis a színekről való átállás más-más mosási alkalmat kíván meg. A vállalatnak erre már nincs megfelelő módszere, mellyel ezeket is számon tudja tartani. Az adott munkákat csak az egyező színek alapján, valamint a határidő szerint határozza meg. (Egyéb más tényezőket is figyelembe vesznek, de ezeket most figyelmen kívül hagyjuk, hisz azok már a teljes termelési folyamatot befolyásolják, és nemcsak a nyomógépekre vonatkoznak.)

A feladatmegoldás második részét képezi a döntési fa, mely tartalmazza a szükséges színeket, és azok mosási alkalmának szükségességét. A döntési fa kialakításakor figyelni kellett arra, hogy egy munkatásán szereplő színekre nem tudunk átállni, csakis akkor, ha az adott szín, más termék esetében is megjelenik. A mosási alkalom minél nagyobb, annál több időt vesz igénybe, növelve az átállás idejét. A lehetséges átállások felrajzolása után megkerestem azokat az átállási lehetőségeket, melyek során a legkevesebbet kellene mosni.

A fa felrajzolásakor kékkel jelöltem azokat a színeket, amelyekre elsődlegesen, illetve sárgával, amire másodlagosan érdemes átállni az adott színről. Szintén ugyanezen a rajzon már a megoldás is be van rajzolva. Az utak azért vannak különböző színnel jelölve, mert öt különböző werkot jelentenek, amelyekbe a színeket kell tenni. Jelen esetben nincs meghatározva egyik werk színe sem. Bármelyik szín, bármelyik werkbe kerülhet. A vonalak mentén végigvezetve azonban láthatjuk, hogy melyik színről mire is kell átállnunk, mi lesz werkenként az egymást követő színek sorrendje.

Jelmagyarázat
- kék kitöltés: elsődleges cél
- sárga kitöltés: másodlagos cél
- színes vonalak: werkenként megoldás



A módszer alkalmazása gyakorlati környezetben

A fa egyik buktatója lehet, ha nem vesszük figyelembe azt a tényt, hogy ha egy werknél meghatározzuk a gyártandó termékek sorrendjét, akkor azt a többi werknél is tartani kell. Ha tehát az első werknél az 1. termék után a 2. következik, akkor a második, harmadik, negyed és az ötödik werknél is meg kell előznie az 1. terméknek a 2. terméket.

Pontosan ezért nagyon sok megoldási lehetőség van, ezért szükséges egy harmadik lépés is a megfelelő sorrend megtalálásához. A feltérképezett lehetőségek után, megkerestem köztük a legrövidebb utat. Ez már megadta a termékek gyártásának legkedvezőbb sorrendjét.

A munkatáskák sorrendjeinek meghatározáskor azokkal a színekkel kezdtem, mely mind a három táskában megtalálhatóak. Ezek alapján érdemes az „F” és „G” színeket állandóra hagyni, az átállási idejük végig nulla lesz. Ennek a kijelentésnek azonban előfeltétele volt, hogy megnéztem, nem lenne kevesebb egy átállási idő, ha „F” és „G” színnek is át kell állnia. Ez olyan esetekre igaz, amikor például pirosról kékre (egy mosási egység) és zöldről pirosra (egy mosási egység) átállni gyorsabb, mint pirosról pirosra (nulla mosási egység) és zöldről kékre (három mosási egység). Tény, hogy ritka eset lenne.

Tegyük fel tehát, hogy az egyik werk állandó színe az „F” szín, a másik werké pedig a „G” szín lesz. A többi werkre a 4. táblázatban jelölt színek maradtak.

4. táblázat: Munkatáskák és még nem besorolt színei

1. termék	M	C	P
2. termék	I	O	-
3. termék	B	D	N

Tudjuk, hogy „O” és „P” színre bármiről szeretnénk átállni, illetve ezekről más színre s átállni három egységnek felel meg. Az „N” színről azt érdemes tudni, hogy ez egy nagyon sötét szín, így bármiről szeretnénk erre átállni, annak mosási ideje nulla, hiszen ez az a festék, ami minden színt elfed, a werket mosni nem szükséges.

Vegyük sorba a termékeket, és döntsük el, mi lesz a helyes gyártási sorrend.

1. megoldási lehetőség

5. táblázat: 1. megoldási lehetőség

Werkek	1. werk	2. werk	3. werk	4.werk	5. werk
termék (1)	M	C	F	G	P
termék (3)	B	D	F	G	N
termék (2)	I	O	F	G	-
Átállások ideje:	1+2=3	1+3=4	0+0=0	0+0=0	3+0=3

A döntési fában is láthatjuk, hogy az első terméknel szereplő „M” színről elsősorban érdemes az „I”, „F”, „B” vagy „D” színre átállni. Ezekre a színekre való átálláskor elegendő egyszer mosni a werket. Ebből a szempontból érdemes az „M” színről való döntésünket későbbre hagyni, hiszen ez nagyobb választási lehetőséget kínál számunkra, mint majd látjuk azt a többi szín esetében.

A „C” szín esetében egyszeri mosásra ad alkalmat, ha a „D” színre állunk át, a többi színre való mosás ettől csak több mosási alkalmat feltételez. Az első termék fennmaradt harmadik színe a „P”, melyről tudjuk, hogy bármire szeretnénk átállni, három mosási egységgel jár. Ezek alapján az első termék „C” színe olyan mértékben meghatározó, hogy a másik két színt is érdemes ehhez viszonyítani. Ezek alapján, a „C” színről érdemes a „D” színre átállni, az „M” színről a „B” színre és a „P” színről az „N” színre. Amennyiben szerencsénk van a „P” szín is egy olyan szín, melyet az „N” szín be tud fogni, így az erre számolt három egységnyi mosásra sem lesz szükség. Ez alapján az 1. termék gyártása után a 3. termék gyártása, a 3. termék gyártása után pedig a 2. termék gyártása következne. A „B” szín esetében a 3. termék fennmaradó színeire való átálláskor az „I” szín esetében kettő, az „O” szín esetében három, az üresen hagyható werk esetében nulla mosási alkalmat kellene beiktatnunk. A 3. termék „D” színéről az „I” szín esetében is három mosási alkalom lenne szükséges, mint ahogy az „O” termék esetében. Az üres werk kihasználása itt is nulla mosással járna. „N” színről sem könnyű átállni, ez is megkívánja a háromszori mosást, kivéve az üres werk esetében.

Végül, a színsorrendünk megvan, megkerestük azokat a legrövidebb utakat, amelyek egy ilyen gyártási sorrendben létrejöhetnek. Azonban ebben az esetben a mosások száma összesen tíz egység lenne. Amennyiben az „N” színünk még mindig sötétebb, mint a „P” szín, akkor mosási egysége hétre rövidül.

2. megoldási lehetőség

6. táblázat: 2. megoldási lehetőség

Werkek	1. werk	2. werk	3. werk	4.werk	5. werk
termék (1)	M	C	F	G	P
termék (2)	I	O	F	G	-
termék (3)	N	B	F	G	D
Átállások ideje:	1+0=1	3+3=6	0+0=0	0+0=0	0+0=0

Már fentebb is elemeztük, hogy az „M” színről érdemes akár az „I” színt is választani, mosási egysége egy. Ha az 1. terméket a 2. termék követi, akkor a „C” vagy „P” színről átállhatunk „O” ra vagy üresen hagyhatjuk. Mivel a „P” szín három egységnyi mosást igényel, valamint ha „O” terméket szeretnénk gyártani, az előtte levő werket is három egységnyi mosásig kellene tisztítani, így teljesen mindegy, hogy a „P” vagy a „C” után hagyjuk üresen a werket. Az is mindegy, hogy melyiket mossuk háromszor, hogy az „O” színt bele tudjuk tenni a werkbe. A 2. terméket, így ebben az esetben a 3. termék követi. Van egy üres werkünk, melybe bármilyen színt tehetünk, mosni már nem szükséges, és mosási egysége is nulla lesz. Az „O” színről bármelyik színre átállni három egységnek számít. „N”-re átállni pedig nulla egységnyi mosás szükséges. Így igazából a 3. termék színei bármilyen sorrendben alkalmazhatóak, azok átállási idejét nem befolyásolja a 2. termék színei. Ehhez összesen 7 mosási egység szükséges.

3. megoldási lehetőség

7. táblázat: 3. megoldási lehetőség

Werkek	1. werk	2. werk	3. werk	4.werk	5. werk
termék (3)	B	D	F	G	N
termék (1)	M	O	F	G	-
termék (2)	I	C	F	G	P
Átállások ideje:	1+1=2	1+3=4	0+0=0	0+0=0	3+0=3

Továbbnézve, az is lehetséges, hogy a harmadik termék gyártásával kezdünk. Ekkor „B” színről érdemes lenne az „M” vagy a „C” színre átállni, ugyanis egy egységnyi mosás is elegendő hozzá. A „D” szín esetében ugyanez elmondható, ha erről a „C” színre állunk át. Ez mind a két esetben az első termék színeit érinti, így érdemes megnézni, hogy a har-

dik fennálló szín mennyi időt vesz igénybe. Az „N” termékről a „P” termékre való átállás háromegységnyi mosást hordoz magában. Ebben az esetben a 3. termékről az 1. termékre állnak át, majd a 2. termékre, mely 8 mosási egység lenne.

4. megoldási lehetőség

8. táblázat: 4. megoldási lehetőség

Werkek	1. werk	2. werk	3. werk	4.werk	5. werk
termék (3)	B	D	F	G	N
termék (2)	I	O	F	G	-
termék (1)	M	C	F	G	P
Átállások ideje:	2+3=5	3+3=6	0+0=0	0+0=0	0+0=0

Amennyiben a 3. termék gyártását a 2. termék gyártása követi, úgy érdemes figyelembe venni, hogy az „I” termékre való átállás melyik esetben a legkedvezőbb. „B” színről két egységnyi időt vesz igénybe, „D” és „N” színről hármat. Ennek érdekében érdemes a „B” termék után tenni. A 2. termékről az 1. termékre láthatjuk, hogy nagyon nem jó átállni. A 2. termék összes színéről bármilyen színre szeretnénk átállni, ami a 1. termékben megtalálható, az három mosási egységgel jár. Egyedül a már kitisztított üres werknek örülhetünk, melynek nulla a tisztítási ideje. Ebben az esetben összesen 11 mosási egységünk lenne.

5. megoldási lehetőség

9. táblázat: 5. megoldási lehetőség

Werkek	1. werk	2. werk	3. werk	4.werk	5. werk
termék (2)	I	O	F	G	-
termék (1)	M	C	F	G	P
termék (3)	B	D	F	G	N
Átállások ideje:	3+1=4	3+1=4	0+0=0	0+0=0	0+3=3

Figyelembe kell vennünk azt a lehetőséget is, hogy a 2. termék gyártásával kezdünk. A 2. termék gyártása után van egy üres werkünk, melynek átállási ideje nulla. „I” ről átállhatunk „M” „C” és „P” színre. Mindhárom átállási ideje három egység. „O” ról átállni bármilyen színre szintén három egység, azonban a „P” színre való átállás is három egységnek

minősül, hacsak nem az megy az üres werkbe. Nem túl szerencsés választás a 2. termék után a 3. terméket behelyezni, hiszen minden színe három egységet ölel fel, bármelyik színre is állunk át, kivéve ugye az üresen álló werket. Az 1. termék viszont ennek ellenkezőjét bizonyítja, az „M” színről a „B” színre, míg a „C” színről a „D” színre is csak egy mosást igényel. A „P” hármast, de ha világos színről beszélünk, és az utána következő „N” szín el tudja fedni, akkor azt nem is kell mosni. Érdemes megnézni előre az egyéb színeket is és próbálni jobban beleilleszteni a gyakran használt színek közé, hiszen nagyon sok időmegtakarítást jelenhet. Jelenleg az így kapott átállási idő 11 egységet tesz ki. Amennyiben a „P” színt el tudja fedni az „N” szín, mosási egységünk 8 lenne.

6. megoldási lehetőség

10. táblázat: 6. megoldási lehetőség

Werkek	1. werk	2. werk	3. werk	4.werk	5. werk
termék (2)	I	O	F	G	-
termék (3)	N	D	F	G	B
termék (1)	P	C	F	G	M
Átállások ideje:	0+3=3	3+1=4	0+0=0	0+0=0	0+1=1

Az utolsó lehetőség, amikor a 2. termékről a 3. termékre, és onnan az 1. termékre állunk át. „I” színről az „N” színre való átállás kivételével mindenre három egységnyi időt kell eltöltenünk. Szintén igaz ez az „O” színre is. Van azonban egy üres werkünk, melybe bármilyen színt tehetünk, annak mosási ideje nem lesz. Ezek alapján bármire is váltunk, biztosan lesz két három egységnyi és egy üres werkes megoldás ebben a részben. „N” termékről nehéz átállni, így a már önmagában is három mosási egységet követelő „P” szín elé tettem. A mosási egységek száma így nem adódik össze. A „D” színről a „C” színre váltás egyszeri mosást igényel, mint ahogy a „B” termékről az „M” termékre is. Így 8 egységnyi mosás jött össze.

4.4 EREDMÉNYEK

A lehető legjobban mosás szempontjából akkor járt volna a vállalat, ha az első termék gyártását a második termék, majd azt a harmadik termék gyártása követi.

Habár csak egy háromtáskás munkának a gyártási sorrendjét határoztuk meg, ennek ellenére kis részeredményt máris láthatunk. A műszakot kezdve az 1. termék, 3. termék, 2.

termék sorrendjét határozták meg. Ez a sorrend 10 mosási egységet követel, kivéve, ha a „P” színt az „N” szín elfedi, mert akkor 7 egység alatt is sikerül a werkeket kitisztítani. A döntési fa segítségével azonban ma már nem ezt a gyártási sorrendet választanánk, hanem az 1. termék, 2. termék, 3. termék sorrendjét, melyhez biztosan 7 mosási egység szükséges. A vállalat adott példáján keresztül láthatjuk, hogy az átállási idő háromegységnyit is tudott csökkenni a módszer alkalmazásával.

Az 5. lehetséges megoldás elgondolkodtató, hogy öt werkből négy szín esetén az lenne a legjobb megoldás, ha a 3. terméket az 1. termék gyártása követné, azonban a 2. termékre való átállás olyan mértékben megnöveli a mosások számát, hogy a logikusnak tűnő megoldás bizony értékét veszti az 2. megoldással szemben. A probléma mindig itt kezdődik. Számítás nélküli tippekkel, amikor csak próbálunk közelíteni a jó megoldás felé, nem mindig a kívánt eredményt érjük el.

Több munkatáska esetén ezt ennyire átlátni nem lehet, és könnyebben is hibázhatunk a sorrend felállításában. A modell alkalmazásával a döntéseket azonban nem műszaknyi táskák között hozhatjuk meg, hanem előre tervezhetünk akár egész hétre. A munkák akkor még rugalmasabban összeegyeztethetők.

A módszer segítségével tehát csökkenthető az átállási idő, mely növeli a vállalat rugalmasságát. Az egyik termékről egy másik termékre való átállás idejének csökkenése miatt a határidők is tarthatóak lesznek. A módszer alkalmazásával a termelési változásokra gyorsan tudnak reagálni. Ráadásul a csökkentett átállási idő azt eredményezi, hogy azzal arányosan nőhet a berendezések működési ideje vagy akár ezt a plusz időt szánhatjuk a karbantartásra is. A rendszeres karbantartással kiküszöbölhetjük a gépek nagyobb mértékű vagy váratlan meghibásodását, a termékek sem sérülnek az eszközök gyors elhasználódása miatt (pl: nyomóhengerek kopottsága miatti festékezés nem egyenletes). Ezek tehát a minőségi hibák okozta veszteségek megszüntetését segítik. Nem utolsó sorban, de a módszer kialakítása hosszabb távon tervezve hozzájárulhat a túlórák csökkentéséhez, valamint a munkavállalók elégedettségét is növelheti. (Logikus gyártási sorrend kialakítása, a gépmesterek bevonásával.)

5 KÖVETKEZTETÉS

Amennyiben az előretervezést választjuk, akkor a módszert mindig papír alapon lehetetlen kidolgozni. Ha csak azt vesszük figyelembe, hogy jelen esetben három termék gyártási sorrendjét határoztuk meg, a vállalat pedig két hétre előre tervez és napi több termék gyártását, akkor felismerjük, hogy ennek a módszernek az alkalmazásához szükség van egy programra, mely helyettünk végzi el a számításokat.

A módszer tehát nagyobb problémák esetén is alkalmazható megfelelő információs technológiai eszköz segítségével. A programban a színek átállási idejét betáplálva, az gyorsan végigvezeti az összes lehetséges megoldást, majd a legrövidebb utat megkeresve, azonnal meg is adja a munkák sorrendjének meghatározását. A program bővíthető úgy is, hogy a határidőket is a munkákhoz csatoljuk. A programnak ilyen esetben elsődleges szempontként a határidőnek kell megfelelnie, abból nem csúszhat ki. Ezzel több időszakra is előre tudunk tervezni, és mindamellett, hogy a vállalat határidőre tud teljesíteni, a termékváltás rugalmassága is nő. Ezenkívül a módszer alkalmazásával nemcsak a termelés-programozó, valamint a túlórázók idejét csökkenthetjük, de munkájukat segíthetjük, és a gyorsabb átállás miatt még a termelékenységét is növelheti a vállalat.

A kutatásom során a módszerrel lokális szinten oldottam meg az átállási idő csökkentésének problémáját. A módszer, kiválósága miatt azonban globális szinten is alkalmazható lenne. Így már nemcsak a nyomógépek átállási idejét tudná csökkenteni a vállalat, de a termelési egységek között is megszüntethető lenne az egymásra várakozási idő. Mindemellett a módszer alkalmazásával a vállalatnak lehetősége nyílna úgy megtervezni a vállalt munkák sorrendjét, hogy a termelési igény növekedése esetén is pontosan be tudják tartani a határidőket.

6 ÖSSZEFOGLALÁS

Az előzetes megbeszélések alapján a vezetőség szerint az átállási idők nagyon hosszadalmasak, és számukra jelen helyzetben ez számított a legjelentősebb problémának. A termelési folyamatban a nyomógépek átállási idejének hosszúsága a legjelentősebb veszteséforrás, a vezetőség szerint szükséges a javítása.

A kutatásom során megkerestem, melyek azok a nyomdaipari vállalat számára alkalmazható módszerek, melynek bevezetésével és használatával a nyomógép veszteségei csökkenthetők. A szakirodalomban foglaltak mellett a példa is bizonyítja a problémamegoldási módszer gyakorlati hasznát. A vállalatnak lehetősége van időt spórolni, ha a munkákat összehangolja, azok sorrendiségét a színek mosása szerint válogatja össze. Az átállási idő veszteség, melynek csökkentésével, nemcsak a termelésprogramozó, a gépmesterek és segédjeik munkáját könnyítenénk meg, de olyan jelentős mértékű időt is spórolhat a vállalat, amit akár a termelésre is tudna fordítani. A módszer alkalmazásával a veszteséges idő megszüntethető, az ezzel járó költségek csökkenthetők. Mindemellett a munkavállalók elégedettsége és nem utolsó sorban a termelékenység is növelhető.

7 IRODALOMJEGYZÉK

1. Ahuja R.K., Magnanti T.L., Orlin, J.B. (1993) Network Flows. Theory, Algorithms and Applications. New Jersey ISBN: 0-13-617549-X
2. Andrásfai B. (1997): Gráfelmélet. Polygon Könyvtár, Szeged ISSN 1417-0590
3. Cakmakci Mehmet (2009): Process improvement: performance analysis of the setup time reduction- SMED in the automobile industry *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (2009) 41:168-179
4. Chikán A., Demeter K. (2004): *Az értékteremtő folyamatok menedzsmentje*. Aula Kiadó, Budapest ISBN: 9789639585218
5. Egri P, Kovács A, Márkus A, Váncza J (2004): Project-oriented approach to production planning and scheduling in- make-to order manufacturing *Production Systems and Information Engineering* Volume 2 (2004) pp 23-36
6. European Commission (1995). *Green paper on Innovation*. Office for the official publications of the European communities, Luxembourg: COM(95)688
7. Fogarassyné V. Á., Starkné W. Á. (2011): *Intelligens adatelmezés* Typotex Kiadó ISBN 978 963 279 526 3
8. Gaál Z.; Szabó L. (2009): *Segédlet az általános menedzsmenthez*. Veszprém, Veszprémi Egyetemi Kiadó
9. Gunasekaran A., Ngai E.W.T. (2012): The future of operations management: An outlook and analysis *Int J. Production Economics* 135 (2012) 687-701
10. Hornyák Olivér, Erdélyi Ferenc, Kulcsár Gyula (2005) Valós idejű gyártásirányítás (MES) funkciók fejlődése, modellek és módszerek, *Informatika a felsőoktatásban* 2005; CD, Debrecen
11. Koltai T. (2009): *Termelésmenedzsment*. Typotex Kiadó, Budapest ISBN: 978 963 279 035 0
12. Kosztyán Zs. T. (2011): *Kvantitatív módszerek előadás anyaga*
13. Kovács Z. (2009): *Termelésmenedzsment*. Pannon Egyetem Kiadó, Veszprém 59/2009
14. Moreira A. C., Pais G. C. S. (2011): Single Minute Exchange of Die. A Case Study Implementation *Journal of Technology Management & Innovation* 2011, Volume 6, Issue 1, 130-146 ISSN: 0718-2724. (<http://www.jotmi.org>)

15. Ni J, Jin X, Koren Y., (2012): Decision support systems for effective maintenance operations. *CIRP Annals – Manufacturing Technology* (2012) <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2012.03.065>
16. Ozgur Co; Brown Jr (1995): A Two- Stage Traveling Salesman Procedure for the Single Machine Sequence-Dependent Scheduling Problem *Omega, International Journal of Management Science* Vol 23, No. 2 pp- 205-219, 1995
17. Péczely Gy., Péczely Cs., Péczely Gy. (2012): *LEAN3 Termelőkenységfejlesztés egységes rendszerben*. A.A. Stádium Diagnosztikai és Menedzsment Kft, Szeged ISBN 978-963-08-3163-5
18. Perinic M., Ikonc M, Maricic S. (2009): Die Casting Process Assessment Using Single Minute Exchange of Dies (SMED) *Method Metalurgija* 48 (2009) 3, 199-202 ISSN 0543-5846
19. Polzer H. (1995): *Termelés tervezés, termelés irányítás standard szoftverek alkalmazásával*. ISBN: 963-550-329-6
20. Schroeder R. G.: *Operations Management (Decision making in the operations function.)* University of Minnesota, 1981, ISBN: 0-07-055612
21. Snoo C. D.; Wezel W. V.; Jorna R. J. (2011): An empirical investigation of scheduling performance criteria *Journal of Operations Management* 29 (2011) 181-193
22. Songsong Liu, Jose Pinto, and Lazaros G Papageorgiou (2008): A TSP- based MILP Model for Medium- Term Planning of Single-Stage Continuous Multiproduct Plants *Industrial & Engineering Chemistry Research* 2008, Vol 47, No 20, 7733-7743 p.
23. Starr M. K. (1976): *Rendszerszemléletű termeléstervezés, termelésszervezés*. Budapest, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó második átdolgozott kiadás, ISBN 963 220 253 8
24. Tóth T. (2002): Termelésirányítás Miskolc, <http://ait.iit.uni-miskolc.hu/~kulcsar/DTFSTIR/TT/TIR.pdf> (letöltve: 2012.10.23. 18:05)
25. Ulutas B. (2011): An application of SMED Methodology *World Academy of Science, Engineering and Technology* 79 (2011) 100-103
26. Vörös J. (1999): *Termelés-szolgáltatási rendszerek tervezése* Pécs, Janus Pannonius Egyetemi Kiadó ISBN 9636416478

27. Vörös J. (1993): *Termelés management*. Pécs, Janus Pannonius Egyetemi Kiadó 2. kiadás ISBN 963 641 284 7
28. Young, D. L., et al. Decision making under time pressure, modeled in a prospect theory framework. *Organizational Behaviour and Human Decision Processes* (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.obhdp.2012.03.005>