

Óbudai Egyetem
Neumann János Informatikai Kar



**Döntéstámogató rendszerek az
erdőgazdálkodásban**

Mihályi Martin

Budapest, 2013

1 Tartalomjegyzék

2	Bevezetés.....	3
2.1	Cél-orientált erdőgazdálkodási döntéstámogató rendszer.....	3
2.2	Primitív adat komponensek szintje	5
2.3	Származtatott adat komponensek szintje.....	5
2.4	Intelligens erdőgazdálkodás tervezési komponensek szintje.....	5
3	Erdészeti döntéstámogató rendszer a klímaváltozás szempontjából.....	6
3.1	Bevezetés.....	6
3.2	Döntéstámogató rendszer.....	7
4	Döntés támogató rendszer a vad tűz kockázat csökkentésére	8
4.1	Aktorok azonosítása	8
4.2	Használati esetek azonosítása	9
4.3	Használati eseteket támogató komponensek azonosítása	9
4.3.1	Tűzeset valószínűsége	9
4.3.2	Tűzeset komolysága	9
4.3.3	Tűzeset komolyságának valószínűsége	9
4.3.4	A fenyegetés értékekben kifejezve	10
4.4	Rendszer modell tervezése	10
4.4.1	Primitív adat komponens szint	10
4.4.2	Származtatott adat komponensek szint.....	10
4.4.3	Intelligens erdőgazdálkodás tervezési komponensek szint.....	11
5	Összefoglalás	11
6	Források.....	11

2 Bevezetés

Az erdőgazdálkodás tervezése általában egy összetett feladat. Az adatok mennyisége, az információ és gazdálkodási folyamatban érintet tudásanyag általában ember által feldolgozhatatlan vagy ha igen, feldolgozása nehézkes. A döntéstámogató rendszerek segíthetik az erdőgazdálkodókat, hogy egy jól dokumentált, döntések szempontjából átgondolt erdőgazdálkodási tervet tudjanak készíteni. Ezek a rendszerek a különböző komponensek széles választékát tartalmazzák, attól függően, hogy a gazdálkodó az erdőségével kapcsolatban milyen célokat határoz meg. Annak ellenére, hogy az erdőgazdálkodás egyre több részterületén használnak döntéstámogató rendszereket, nem létezik egy speciális, az erdőgazdálkodási rendszer fejlesztésére vonatkozó általános tervezési modell. Ez az írás a következő területekre tér ki részletesebben: Először, egy lehetséges tervezési modell felvázolása, amely alkalmazható a cél-orientált erdőgazdálkodási döntés támogató rendszer fejlesztésére. Másodsor, egy erdőgazdasági döntéstámogató rendszer bemutatása egy speciális cél szempontjából, a klímaváltozás hatásából. Harmadszor a gyakorlatban bemutatni egy speciális területet a vadtűz kockázat csökkentő döntéstámogató rendszert és ennek a rendszernek az eredményeit.

2.1 Cél-orientált erdőgazdálkodási döntéstámogató rendszer [1]

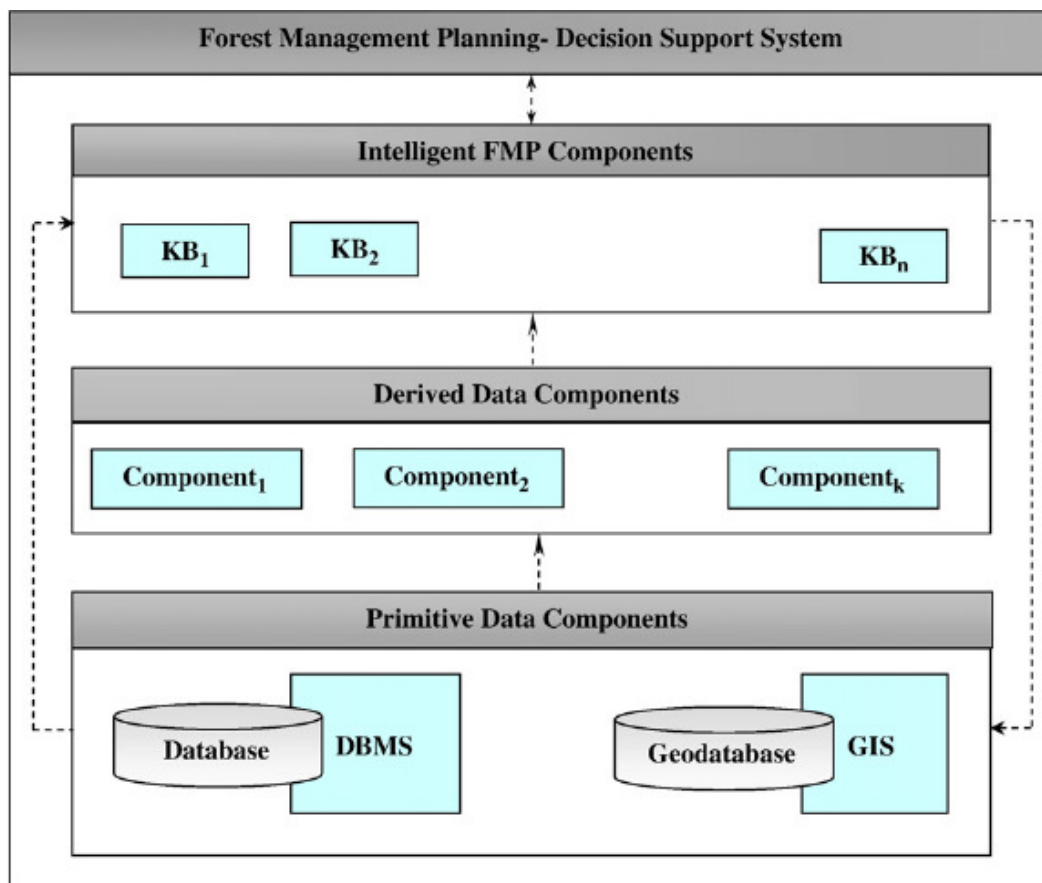
Az FMP-DSS¹ figyelembe veszi a különböző környezeti és erdészeti adatok nagy mennyiségét, amelyet eltárol, osztályoz, feldolgoz és gyűjteménybe vesz. Ezek az adatok különböző faktorok értékeire utalnak, amik egy magukban vagy ezek kombinációi szerepet játszanak az erdőgazdálkodásban. Annak érdekében, hogy kialakuljon egy közös egység a környezeti és erdészeti faktorok terén, megkülönböztetünk primitív és származtatott faktorokat. A primitív faktoroknak közvetlenül az erdőre vannak hatásai. Például ilyen faktorok: levegő hőmérséklet, talaj meredekség, talaj mélység, talaj szerkezet. Származtatott faktorok nevezzük azokat, amelyek primitív faktorok kombinált folyamatából állnak elő. Példa ezekre a vadtűz kockázat, talaj erózió kockázat és a terület minőség index. Környezeti és erdészeti faktorok lehetnek egzakt szám értékek vagy fuzzy értékek. Ezen felül a primitív adatok, jellegüktől függően, tárolhatók adatbázisokban vagy geológiai adatbázisban, és kinyerhetők adatbázis-kezelő rendszer (DBMS²) vagy földrajzi információs rendszer (GIS³) segítségével. A származtatott adatok a primitív adatokból kerülnek kiszámításra (például egy tűz viselkedés szimulátor).

¹ Forest management planning decision support systems (FMP-DSS): erdőgazdálkodás tervezés segítő döntés támogató rendszer

² Database management System (DBMS): adatbázis-kezelő rendszer

³ Geographic Information System (GIS): földrajzi információs rendszer

Az erdőgazdálkodási döntések esetén alapvető, hogy meghatározzuk, mely származtatott faktorok szükségesek, és mely modellek létfontosságúak a számítás sikerességéhez. A következőkben egy lehetséges cél orientált, komponens alapú FMP-DSS alkalmazására irányuló fogalmi tervezési modellt ismertetek. Ennek a modellnek a fő célja, hogy elérje, hogy a tervezési döntések annyira egyszerűvé váljanak, amennyire csak lehetséges. Konkrétabban ez a modell absztrakt szinten leír egy FMP-DSS-t, azáltal, hogy kifejezi a rendszer komponenseit és azok kohézióit. Ez az absztrakt reprezentáció továbbá megmutatja a rendszer általános képességeit és lehetővé teszi, hogy különböző technikai részleteket hozzáadjunk, amiket csak egy későbbi tervezési fázisban kell részleteznünk. Három különböző absztrakciós szintet különböztetünk meg, ahogy az a 1. ábrán is látható.



1. ábra – Egy erdőgazdasági tervező rendszer absztrakciós szintjei

Minden feljebb álló szint az alatta álló szinteken alapul. Azaz a *Primitív adat komponensek* szintje primitív adatokat tárol, amelyeket a *Származtatott adat komponensek* szint felhasznál utóbbi szint által előállított adatokkal, információkkal az *Intelligens erdőgazdálkodás tervezési komponensek* szintet látja el. Emellett a *Primitív adat komponensek* szintje közvetlenül is támogatja az *Intelligens erdőgazdálkodás tervezési komponensek* szintet.

2.2 Primitív adat komponensek szintje

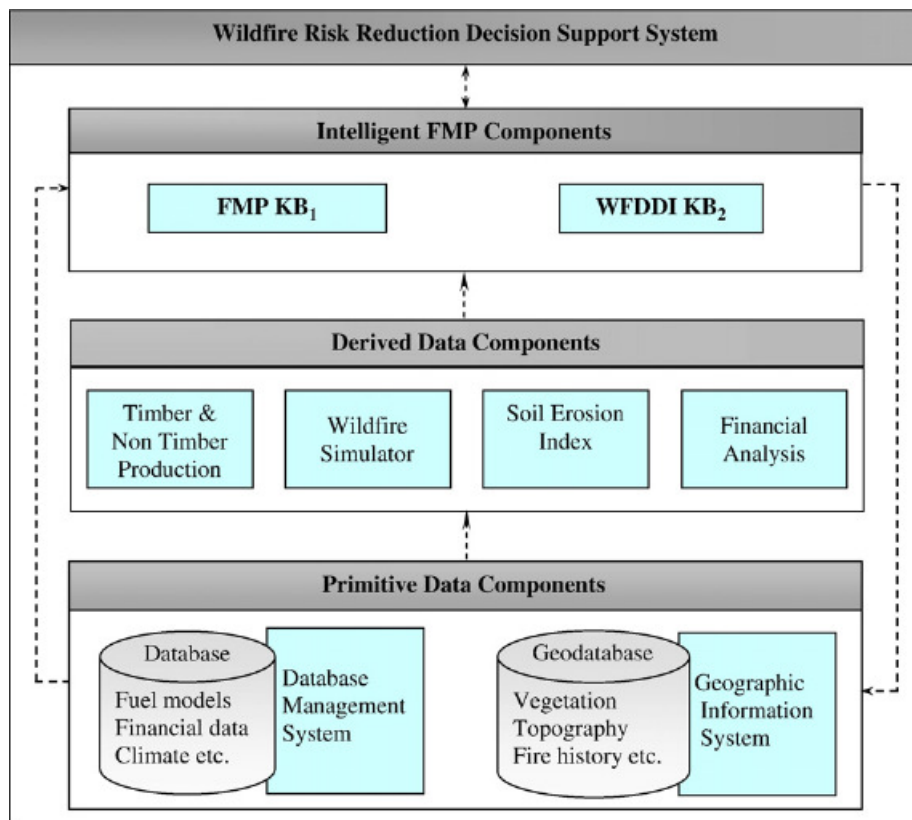
A Primitív adat komponensek szintje integrálja a megadott adatbázisokból, valamint a környezeti és erdészeti értékekből kinyert adatokat. Egy adatbázis és egy adatbázis-kezelő rendszer szükséges, hogy az adatokat tárolni és kezelni tudjuk, és hogy az egész erdőre nézve így megkapjuk a szükséges faktorok valós értékét. Az adatbázist arra használjuk, hogy leíró adatokat tároljunk benne; ilyen adatok például az éghajlati adatok, az erdő állomány típusa és karakterisztikája, a populációs és a pénzügyi adatok. Azon környezeti és erdészeti faktorokat, amelyek értéke függ a térbeli változásoktól, érdemes egy geográfiai (a képen „Geo”) adatbázisban tárolni és egy földrajzi információs rendszer (GIS) által kinyerni. A GIS térbeli adatokat kezel, ilyen adatok például az erdő biomassza, a talaj karakterisztika, a fekvés minőség index. A GIS ezeken az adatokon számítást is végez. GIS általi megjelenítés használatával, a térbeli adatok hozzáférnek az összes környezeti és erdészeti faktorhoz (például: dőlés, növényállomány kora, lombkorona sűrűség). Ezen faktorok egy-egy információs szintet jellemeznek, melyek faktoronként eltérhetnek. Az információs szinteket még kisebb egységekre, területekre lehet bontani, amely területeket celláknak nevezzük. Az elképzelést, hogy az erdő cellát, mint alap erdőgazdasági egységet használjuk, az indokolja, hogy ezen osztályozás használatával nagyságrendekkel pontosabb erdőgazdálkodás tervezést (FMP) érhetünk el. A módszerrel lehetővé válik, hogy a magasabb kockázattal járó területeknek nagyobb figyelmet szenteljünk, növeljük az erdő termelékenységét, csökkentjük a túlzott beavatkozásból fakadó károkat, csökkentjük beavatkozások költségeit, az által, hogy pontosan megállapíthatjuk a beavatkozások szükségességét.

2.3 Származtatott adat komponensek szintje

A Származtatott adat komponensek szint csak olyan komponenseket tartalmaz, amelyek kimondottan a FMP-DSS céljaihoz szükségesek. Például ilyen komponensek a fa és nem fa termékek komponens, valamint a pénzügyi elemző komponens.

2.4 Intelligens erdőgazdálkodás tervezési komponensek szintje

Az Intelligens erdőgazdálkodás tervezési komponensek szint a tudásbázis és egy megfelelő következtető motor alapján lehetséges megoldást szolgáltat a rendszer felhasználójának (az erdő menedzserének).



2. ábra – absztrakciós szintek egy erdőtűz kockázat elemző rendszer esetében

3 Erdészeti döntéstámogató rendszer a klímaváltozás szempontjából

A klímaváltozás nagymértékben hatással van az erdőgazdasági szektorral Európa-szerte, emiatt az erdőgazdálkodóknak új eszközökre és segédeszközökre van szükségük, hogy hatékonyan és eredményesen dolgozhassanak a megváltozott környezeti körülmények között. Nevezetesen, döntéstámogató rendszerekre és olyan növekedési és fejlődési modellre van szükségük, amelyek érzékenyek a környezeti változásokra. Ebben a fejezetben egy példán keresztül közelítjük meg a témát, bemutatjuk, hogy hogyan alkalmaznak döntéstámogató rendszereket Portugália eukaliptusz erdeiben.

3.1 Bevezetés

Számos tanulmány figyelmeztet a mediterrán térségben a telekre, ezen évszak mind hosszuk növekedése, mint egyre szárazabbá válásuk és az időjárásban bekövetkező extrém események, mint például erdőtüzek növekedése miatt gondot okoznak. Ezen események hatással vannak a növények növekedésére és túlélési esélyeikre, illetve ezen növények földrajzi eloszlására, és a növény populációk összetételére (azaz, hogy adott növény milyen területeken fordul elő, vagy adott területen milyen növények fordulnak elő). Az eukaliptusz Portugália legfontosabb erdei növénye, a több mint 812 000 hektáron megtalálható, az összes erdőség 26%-át teszi ki. Azon nyersanyagok fő forrása ez a növény fajta amelyeket a papír iparban használnak. Chamusca-ban (közép Portugália) több mint 6138 hektár kísérleti eukaliptusz erdő található. Chamusca egy mezőgazdasági megye Lisszabontól 120 km-re. Az erdős terület 1722 különböző részre osztották, egy-egy rész terület nagysága 4,8 és 18

hektár közötti. Ezen rész területeken található növényzet kor szerinti eloszlása nagyon változatos. Kor szerint elosztva 0 és 16,5 év közötti részterületek találhatóak, az átlag 8 év. Ez a rendszer a betakarítást (kivágást) 9 -14 éves fák esetén javasolja. 1 éves szórás megengedett. A becsült populáció 1400 fa per hektár.

3.2 Döntéstámogató rendszer

Annak érdekében, hogy analizálni tudjuk, hogyan befolyásolja az időjárásban történő tartós változás az erdőgazdálkodást döntéstámogató rendszert kell használnunk. Ez négy független és összeegyeztethető modult tartalmaz, amelyek egy grafikus interfészbe vannak zárva. A négy modul a következő:

1. Egy menedzsment információs rendszer, amely az összes releváns információt tárolja a cél erdőről.
2. Egy szabály generátor modul, amely növekedési és kitermelési függvényeket tartalmaz (vö. a hasonló célú GLOB3PG⁴ modellel)
3. Egy döntési modul, amely összegyűjti ezeket az eltérő előírásokat egy következetes matematikai modellé, amit aztán megold.
4. Egy jelentés készítő modul, amely lehetővé teszi a döntési modell eredményeinek megtekintését, ezen eredményeket vizuálisan ábrázol.

A döntéstámogató rendszer segítségével lehetővé válik a probléma egyszerűbb szabályokba foglalása. Ez a rendszer információt nyújt a felhasználónak, hogy alkalmazni és fejleszteni tudják az erdőgazdálkodás tervüket. A fő lépések, amelyeket használnunk, hogy kiértékeljük erdészeti döntéstámogató rendszert a klímaváltozás szempontjából, a következők:

1. A tanulmányozott terület és az adatkészlet kiválasztása.
2. A klíma változási scenárió kiválasztása.
3. Menedzselési alternatívák generálása.
4. Az összes menedzselési alternatíva az összes tervezési horizonton lévő erdő faállománnyal való szimulálása.
5. Az árak és költségek meghatározása, és a bevételek kiszámítása.
6. Az erdőgazdálkodás optimalizálása.
7. Végül, stratégiai menedzsmentet tartalmazó jelentés készítése. A jelentés tartalmazhat táblázatokban, térképekben, vizuális elemekben is információt.

A fentebb ismertetett módszer először annak megállapítására használták, hogy milyen hatással van az eukaliptusz és a föld szén állományára a teljes kísérleti erdőre nézve, 30 éves horizonttal számolva. Az eredmények a jelenlegi klímát tekintve azt mutatták, hogy a maximális eukaliptusz rönk hozam (azon fák, amelyek kivágásra alkalmasak) 2,35 millió m³,

⁴ GLOB3PG: Egy már létező hasonló rendszer (forrás: http://www.slidefinder.net/m/margarida_tome/32094668)

ennek értéke 81.13 millió euró. A klíma változás scenárió esetében a fakitermelés lecsökkent 2, 19 millió m³-re, illetve az erdő értéke is csökkent 74,7 millió euróra.

4 Döntéstámogató rendszer a vad tűz kockázat csökkentésére [1]

E fejezetben egy lehetséges vadtűz kockázat csökkentő döntéstámogató rendszer (WRR-DSS⁵) vázlatát mutatom be. A WRR-DSS rendszer vizsgálatához és tervezéséhez Unified Modeling Language (UML) került használatra, mivel ez alkalmas a rendszer szükségleteinek specifikációjára, és az erdőgazdálkodók és fejlesztők közti szükséges kommunikáció bemutatására. Továbbá az UML alkalmas, arra hogy a fejlesztők a rendszert különböző egymástól független nézetben reprezentálják diagramokon. Ilyen diagramok a *Használati eset* (use case) diagram és a *Szekvencia diagram* (sequence diagram).

A Használati eset diagram segít a rendszer funkcionális szükségleteinek tiszta megértésében, anélkül hogy a szükségletek pontos implementációjára megkötéseket tennénk. Egy Használati eset modell aktorokból és használati esetekből áll. Az aktor egy különálló entitás, amely kívülről kapcsolatban áll a rendszerrel. A használati eset pedig az események sorozatát reprezentálja, amelyeket az aktor indít el. A Használati eset diagramok összessége meghatározza a rendszer teljes funkcionális működését. UML alapú tervezés estén általában a következő folyamat hajtódik végre:

1. Aktorok azonosítása
2. Használati esetek azonosítása
3. Használati eseteket támogató komponensek azonosítása
4. Rendszer modell tervezése, beleértve a szekvencia diagramokat is

4.1 Aktorok azonosítása

Két különböző aktor azonosítható a rendszer számára:

- Az erdőről információt szolgáltató: Lehet egy erdész- vagy erdészek csoportja vagy valamilyen adatszolgáltató (cégek/társaságok). Azon személy, aki a megfigyelt erdőről információval látja el a Primitív Adat Komponens szintet.
- Döntéshozó: Lehet maga az erdész, vagy azok csoportja, az erdő tulajdonos, az erdő manager, vagy akár egy tudós/kutató is. Azon személy, aki, az erdőgazdálkodás bármilyen területéről, tanácsért folyamodik a DTR-hez.

⁵ Wildfire risk reduce – decision support system (WRR-DSS): vadtűz kockázat csökkentő döntés támogató rendszer

4.2 Használati esetek azonosítása

A WRR-DSS alapján két eset különböztethető meg:

- Bemeneti erdő adat használati eset: Az erdő információszoigáltató által közölt információk alapján adatokat szolgáltat a Primitív Adat Komponens szintnek (a 2. ábrán látható).
- Tanácskérés használati eset: A döntéshozó működteti, aki ez által a rendszer által tanácsokat kap az elsődleges és másodlagos erdőgazdálkodási célokat illetően.

4.3 Használati eseteket támogató komponensek azonosítása

A vadttíz kockázatának meghatározásához szükséges a hosszú távú vadttíz fenyegetettség ismerete. A gyakorlatban lehetetlen pontosan meghatározni, a jövőbeli tüzek pontos helyét, a tűz viselkedését és a fenyegetés alatt álló objektumokat. Azonban egy adott periódusra lehetséges megbecsülni egy megadott terület vadttíz kockázatának a nagyságát. A már létező vadttíz veszélyt előre jelző rendszerek általában csak rövidtávon képesek meghatározni a veszélyeztetett területeket. Ezek a rendszerek az előrejelzéshez a különböző időjárás elemek változását veszik figyelembe. A hosszú távú előrejelzéshez ennél összetettebb faktorokat is figyelembe kell venni. Ilyenek például a tüzeset gyakorisága, valószínűsége, viselkedése. A jelenlegi rendszer a továbbiakban bemutatott faktorokkal egészíti ki a már meglévő rendszereket.

4.3.1 Tüzeset valószínűsége

Ez a paraméter egy meghatározott területen, adott időszakban bekövetkező tűz incidens valószínűségét határozza meg. Meghatározása a múltban történt tüzesetek száma, illetve az azok számának változásán alapuló tendencia alapján történik. A természetes tüzek kialakulásának valószínűsége szinte állandónak tekinthető, a múltban történtek alapján, azonban az ember okozta tüzek kevésbé megjósolhatók, csupán a múlt alapján. E tüzek valószínűségének meghatározásában az adott terület népsűrűsége, technikai fejlettsége meghatározó. Tehát egy adott terület jövőbeli tüzesetei meghatározhatók az emberi lakosság változásából és technikai fejlődésből. A kisméretű területekre való felosztás miatt, a szomszédos területek tűz kockázata is befolyásolja az adott terület tűz kockázatát.

4.3.2 Tüzeset komolysága

Ez a faktor a tüzesemény nagyságát, összefüggőségét, károkozásának nagyságát jelenti. Kiszámolásához a tűz karakterisztikája használatos, ami négy viselkedési paraméterből áll össze: vadttíz típusa, lángok hossza, terjedés sebessége, tűz intenzitása.

4.3.3 Tüzeset komolyságának valószínűsége

Ez reprezentálja egy adott tűz komolyságának valószínűségét, hogy egy adott területen, egy adott időszakban, mekkora valószínűséggel fordul elő tűz. Ez az adat meghatározható az év

egy adott időszakára (pl. azokban a hónapokban, amikor magas a vadtüzek száma) vagy egész évre.

4.3.4 A fenyegetés értékekben kifejezve

Ezek az értékek, olyan objektumok és környezeti entitások értékei, amelyeket a vedtüzek veszélyeztetnek. Két részre bonthatók: erdő objektumok, például fák vagy gyümölcsök, és nem erdő objektumok, például az emberi életek, infrastruktúra, stb.

4.4 Rendszer modell tervezése

A cél-orientált erdőgazdálkodási döntéstámogatói rendszerek esetében már részletesen bemutatott három absztrakciós szintre osztjuk.

4.4.1 Primitív adat komponens szint

A környezeti faktorok értékeit adatbázisokban vagy geo adatbázisokban tárolhatjuk.

4.4.1.1 Adatbázis/DBMS

Az adatbázis rekordjai nem térbeli értékektől függő faktorok értékei. Lehetnek fuzzy vagy diszkrét értékek is. A vadtűz kockázat szempontjából eltárolandó faktorok a talaj modell, ember és állat populáció, fejlődési karakterisztika, stb. A DBMS nyeri ki a környezeti faktorok értékeit és szolgáltatja az eredményeket más rendszerek számára, illetve a karbantartást is ez végzi.

4.4.1.2 Geoadatbázis/GIS

Azon környezeti és erdészeti faktorokat, amelyek értéke függ a térbeli változásoktól érdemes a Geo adatbázisban tárolni és GIS révén kinyerni. A GIS térbeli adatokat kezel, ilyen adatok például a talaj karakterisztika, a fekvés minőség index. A GIS ezeken az adatokon a szükséges számításokat is elvégzi.

4.4.2 Származtatott adat komponensek szint

Ez a szint négy komponensből áll: a fa és nem-fa termékek komponens, vadtűz szimulátor komponens, talaj erózió index komponens és a gazdasági elemző komponens. Ezen komponensek eredményeit az eggyel magasabb szint használja fel számításaihoz.

4.4.2.1 Fa és nem-fa termékek komponens

Minden cella esetén meghatározza potenciálisan, hogy milyen termék, mekkora mennyiségben és milyen minőségben termelhető. Gyakorlatilag a jelenlegi mennyiséget és minőséget határozza meg, illetve kiszámolja azt is, hogy ez hogyan változik a javasolt megoldás alkalmazása után. Az eredményeket az Intelligens erdőgazdálkodás tervezési komponens szintnek továbbítja. A komponens működéséhez szükséges Erdőgazdálkodási faktorokat az adatbázisból, illetve a Geo adatbázisból nyeri a rendszer.

4.4.2.2 *Vadtűz szimulátor komponens*

A jól ismert vadtűz viselkedési modelleken alapszik. Egy lehetséges vadtűz karakterisztikát generál, azaz meghatározza a tűz típusát, terjedési sebességét, a láng hosszúságát, és tűz intenzitást.

4.4.3 *Intelligens erdőgazdálkodás tervezési komponensek szint*

Ez egy szakértő rendszer, amely két diszkrét komponensből áll, az FMP tudásbázis komponensből és a WFDDI⁶ tudásbázis komponens. Mindkét komponens fuzzy logikát alkalmaz a számításai során, majd ezeket diszkrét értékekké konvertálva jeleníti meg.

4.4.3.1 *FMP tudásbázis komponens*

Ez a komponens az elsődleges és másodlagos célok alapján hoz döntéseket, illetve különböző megoldási lehetőségeket is kidolgoz. Működéséhez szükségesek a más rendszerekből származó releváns faktorok értékei. Az eredményeket adatbázisba vagy Geo adatbázisban tárolja.

4.4.3.2 *WFDDI tudásbázis komponens*

A döntéshozatal előtt, illetve minden lehetséges megoldásnál a WFDDI értékeket biztosít az FMP komponensnek. A WFDDI ugyancsak olyan adatokat használ, amelyek megfelelnek az erdőgazdasági faktoroknak, illetve adatbázisból vagy Geo adatbázisból nyeri ezen adatokat.

5 *Összefoglalás*

Dolgozatomban az erdőgazdálkodásban használható döntéstámogató rendszerek mutattam be. Részletesebben ismertettem egy cél-orientált rendszer lehetséges felépítését, megvalósítását. Majd egy konkrét példán keresztül tekintetem át a klímaváltozás hatását figyelembe vevő döntéstámogató rendszereket. Végül egy vadtűz kockázat elemző és csökkentő döntéstámogató rendszert mutattam be. Összességében a bemutatott rendszerekről elmondható, hogy az adott célok (vadtűz kockázat, klímaváltozás alapján való tervezés) meghatározásához, tervezéshez hatékony segítséget nyújtanak. Ugyanakkor kiemelném, hogy segítik, de nem helyettesítik az emberi döntéshozót.

6 *Források*

- [1] Spiridon **Kaloudis**, Constantina I. **Costopoulou**, Nikos A. **Lorentzos**, Alexander B. **Sideridis**, Michael **Karteris**, „*Design of forest management planning DSS for wildfire risk reduction*” , Ecological Informatics (2008), 122-133 o. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574954107000799#> Letöltés ideje: 2013. október 23.)

⁶ Wildfire Destruction Danger Index (**WFDDI**): Vadtűz károkozás veszélyindex

- [2] José G. **Borges**, Jordi **Garcia-Gonzalo**, Juan **Guerra-Hernandez**, Susete **Marques**, João **Palma**, „*A decision support system for forest management planning under climate change*” (<http://motive-project.net/img/uplf/ch%209.pdf> Letöltés ideje: 2013. október 23.)