



SZAKDOLGOZAT

KÉRDŐÍV ALAPÚ ADAPTÍV AJÁNLÓRENDSZER FEJLESZTÉSE

Készítette:

Siska Dávid

Neptunkód: PJ8HD2

Gazdaságinformatikus

Témavezető: Dr. Glavosits Tamás, egyetemi docens

Miskolci Egyetem

2024

MISKOLCI EGYETEM

Gépészmérnöki és Informatikai Kar

Matematikai Intézet

Analízis Intézeti Tanszék

Sorszám: GEMAN/PJ8HD2/2024/BSc

SZAKDOLGOZATI FELADAT

Siska Dávid

gazdaságinformatikus jelölt

részére

A szakdolgozat tárgyköre: Szoftverfejlesztés

A szakdolgozat címe:

Kérdőív alapú adaptív ajánlórendszer fejlesztése

A feladat részletezése:

A dolgozat célja egy olyan ajánlórendszer elkészítése, amely dinamikusan létrehozott kérdőívek segítségével igyekszik segíteni a felhasználót egy nagy elemszámú adathalmazból a megfelelő elem kiválasztásában. (Ilyen lehet például, hogy ha egy megfelelő terméket keres egy katalógusban.) A dolgozatban röviden át kell tekinteni a probléma hagyományos megoldási módjait (például kulcsszó alapú keresők és szűrők alkalmazását), majd részletesen be kell mutatni, hogy hogyan lehet a felhasználói visszajelzésekre alapozva, automatikusan generálni olyan kérdőívet, amely segítségével a lehető legkevesebb lépésben, a lehető legnagyobb megbízhatósággal megtalálható a keresett elem (a korábban felvitt visszajelzések alapján).

Témavezető(k): Dr. Glavosits Tamás, egyetemi docens

1.

szükséges.

A szakdolgozat feladat módosítása

nem szükséges.

.....
dátum

.....
témavezető(k)

2. A feladat kidolgozását ellenőriztem:

témavezető (dátum, aláírás):

konzulens (dátum, aláírás):

.....
.....
.....

.....
.....
.....

3. A szakdolgozat beadható:

.....
dátum

.....
témavezető(k)

4. A szakdolgozat szövegoldalt

..... program protokollt (listát, felhasználói leírást)

..... elektronikus adathordozót (részletezve)

.....

..... egyéb mellékletet (részletezve)

.....

tartalmaz.

.....
dátum

.....
témavezető(k)

5.

bocsátható.

A szakdolgozat bírálatra

nem bocsátható.

A bíráló neve:

.....
dátum

.....
szakfelelős

6. A szakdolgozat osztályzata

a témavezető javaslata:

a bíráló javaslata:

a szakdolgozat végleges eredménye:

Miskolc,

.....
a Záróvizsga Bizottság Elnöke

EREDETISÉGI NYILATKOZAT

Alulírott Siska Dávid; Neptun-kód: PJ8HD2 a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Karának végzős, gazdaságinformatika szakos hallgatója ezennel büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában nyilatkozom és aláírással igazolom, hogy „Kérdőív alapú adaptív ajánlórendszer fejlesztése” című szakdolgozatom saját, önálló munkám; az abban hivatkozott szakirodalom felhasználása a forráskezelés szabályai szerint történt.

Tudomásul veszem, hogy szakdolgozat esetén plágiumnak számít:

- szószerinti idézet közlése idézőjel és hivatkozás megjelölése nélkül;
- tartalmi idézet hivatkozás megjelölése nélkül;
- más publikált gondolatainak saját gondolatként való feltüntetése.

Alulírott kijelentem, hogy a plágium fogalmát megismertem, és tudomásul veszem, hogy plágium esetén szakdolgozatom visszautasításra kerül.

Miskolc,évhónap

.....
Hallgató

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	1
2. Ajánlórendszer építéséhez szükséges komponensek bemutatása	4
2.1 Alternatív keresők bemutatása	4
2.1.1 Kulcsszó alapú keresők	4
2.1.2 Szemantikus keresők	4
2.1.3 NLP (Természetes nyelvfeldolgozás)	5
2.1.4 Faceted kereső	5
2.1.5 Kép alapú keresők (CBIR)	6
2.2 SQLite bemutatása	6
2.3 Az adatbázis felépítése	7
2.3.1 Az adatbázis szerkezete	7
2.3.2 Az adatbázis ER modellje	11
2.3.3 Az adatbázis relációs modellje	13
2.4 Kézzel készített döntési fa a film nyelvére vonatkozóan	14
2.5 Kézzel készített döntési fa hatékonysága	16
2.6 Folyamatábra az adatbázis adatainak feldolgozásáról	17
2.7 ML.NET bemutatása	18
2.7.1 A mesterséges intelligencia és a gépi tanulás kapcsolata	18
2.7.2 Mi az az ML.NET?	19
2.8 Hogyan néz ki egy ML.NET alkalmazás?	19
2.8.1 MLContext létrehozása	19
2.8.2 Adatok betöltése	20
2.8.3 Adatok átalakítása	20
2.8.4 Algoritmus kiválasztása	21
2.8.5 Modell tanítása	23
2.8.6 Modell kiértékelése	23
2.8.7 A modell kimentése, használata	25
2.9 Algoritmusok hatékonyságának összehasonlítása	26
2.10 Gyakorlás céljából készített becslő algoritmusok hatékonyságának összehasonlítása	29
3. Az implementált program ajánlórendszerének felépítése	30
3.1 SetPriority osztály	30
3.2 QuestionsControl osztály	33

3.2.1 Kérdések kialakítása	34
3.2.2 Tanítóhalmaz kialakítása, feltöltése	35
3.2.3 A kérdések összekapcsolása a jellemzőkkel, és a válaszokkal.....	37
3.2.4 A checkboxokat használó, és több válaszpációt is elfogadó kérdések kezelése	38
3.2.5 A csúszkákat használó kérdések kezelése	43
3.2.6 Az igaz/hamis kérdések kezelése	47
3.2.7 Az eredmények becslése	49
3.2.8 Kereső megvalósítása a kulcsszavakhoz.....	50
4. A program működésének a bemutatása	53
4.1 A program funkciói	53
4.1.1 Az adatbázis tartalmának megjelenítése	53
4.1.2 Az adatbázis cseréje	54
4.1.3 Filmek kezelése	55
4.1.3 Film ajánlása.....	56
4.2 Futtatható kód előállítása a forráskódból.....	59
4.2.1 Fordítás Debug módban	59
4.2.2 Fordítás Release módban	60
4.2.3 Debug és Release mód összehasonlítása	60
5. Összefoglalás	61
6. Summary	62
7. Köszönetnyilvánítás.....	63
8. Irodalomjegyzék	63

1. Bevezetés

Napjainkban az embereknek számos döntést kell meghozniuk nap mint nap, melyek sokszor rendkívül fontosak, amelyek nagy átgondoltságot, hosszas gondolkodást igényelhetnek, hiszen hosszan tartó, meghatározó következményeik lehetnek. Máskor kisebb hangsúlyú, kisebb jelentőséggel bíró döntéseket kell meghozni, mint például egy-egy termék megvásárlása, viszont ezek is az emberek feladatai közé tartoznak, és nehéz dolguk lehet a választásban.

Bármilyen döntésről is legyen szó, az emberek mindig próbálnak mérlegelni, figyelembe venni az egyes döntéseknek a lehetséges következményeit, tehát észérvek alapján meghozni egy-egy választást, viszont ez sokszor nem egyszerű, és nem is sikerül. Az emberek sokszor nem rendelkeznek kellő információval és háttértudással egy-egy tématerületet illetően ahhoz, hogy ezeket a tématerületeket érintő kérdésekben logikusan tudjanak dönteni. Ilyenkor a kellő háttértudás hiánya miatt az érzelmeik, „megérzéseik” a mérvadóak egy-egy döntés meghozatala során, és ezáltal előfordulhat, hogy nem a legjobb, legcélszerűbb döntést hozzák meg a lehetséges opciók közül.

A gépek, programok alapvetően nem rendelkeznek semmilyen témát illetően semmilyen tudással. Viszont ha az adott tématerületet illetően a logikus döntéshozáshoz szükséges adatokat megkapják, és emellé párosul egy olyan algoritmus, amely a kellő alapossággal és módszerekkel képes elemezni, feldolgozni ezeket az adatokat, akkor egy olyan mögöttes összefüggéseket figyelembe vevő megközelítés alapján tudnak döntést hozni, amelyet a felhasználók a felszíni tulajdonságok vizsgálatával észre sem vennének. Ezt szokás gépi tanulásnak nevezni [1].

A gépi tanulás egy altípusa a mélytanulás, amelyet pedig reprezentációs tanuláshoz használnak [2]. Ennek célja, hogy nagy mennyiségű jelöletlen adatból, amelyek lehetnek képek, hangok, szövegek, olyan őket reprezentáló beágyazási vektorokat hozzanak létre, amelyek nem a felszíni tulajdonságaik alapján írják le az egyedeket, hanem a mélyebb, mögöttes tartalmi összefüggésekre helyezik a hangsúlyt [1].

Az ajánlórendszer kifejezést olyan eszközök, szoftverek összességére használjuk, amelyek értékes információkat tudnak szolgáltatni a felhasználók számára abban a formában, hogy hétköznapi kérdésekre próbálnak választ adni egy-egy döntés formájában. Ezt olyan módon teszik, hogy a felhasználó igényeinek megfelelő dolgokat, termékeket ajánlanak neki. A mai világban, ahol egyre több-és több termék elérhető és rendelhető meg az interneten, ez egy rendkívül hasznos funkció tud lenni a felhasználók, vásárlók számára, hiszen egyébként töménytelen mennyiségű választási lehetőségből kellene válogatniuk és választaniuk, ami megbonyolítja az egész döntési folyamatot. A legtöbbször ezeket az ajánlórendszereket a felhasználók nem is tudatosan használják, hiszen az általuk használt weboldalak, webáruházak, boltok online oldalai között beépítve, mivel a boltoknak is érdekük, hogy a vásárlók minél hamarabb megtalálják a számukra minél tökéletesebb termékeket [3]. Az ajánlórendszereket gyakran ötvözik

mélytanulási módszerekkel is annak érdekében, hogy növeljék hatékonyságukat, és különböző felmerülő problémákat küszöböljenek ki [2].

Az ajánlórendszerek működési koncepciójából adódik, hogy minden ajánlórendszernek szüksége van bemeneti adatokra, amelyekkel a felhasználó igényeinek megfelelő javaslatokat tud tenni. A bemeneti adatok a következők lehetnek [3]:

- Adatok, amelyeket a felhasználó jelenléte hoz be a rendszerbe. A felhasználó személyes adatai, mint pl. a neve, életkora, érdeklődési köre, munkaköre stb.
- Az egyedekre vonatkozó jellemzők, amelyek nagyban függenek az egyed jellegétől.
- A felhasználótól kapott visszajelzések, amelyek lehetnek az ajánlórendszerbe tudatosan bevitt adatok, mint pl. értékelések, vagy akár korábbi vásárlások, amelyeket fel lehet használni a jövőben az ajánlásokhoz.

Az ajánlórendszerek alapját az osztályozók adják, ezért fontos, hogy a különböző osztályozók közül melyiket választjuk, hiszen nagyban tudja befolyásolni a rendszer pontosságát. Osztályozáshoz választhatjuk például a K-Közép, Naiv Bayes, az SVM (vektorgépek támogatása) osztályozókat, vagy akár a döntési fákat is. A döntési fák egyszerűen alkalmazhatóak és gyorsak, ezért egy jó választás lehet őket osztályozóként használni az ajánlórendszerekhez [4].

A döntési fa algoritmusok működésének alapja, hogy szükségük van egy olyan adathalmazra, amely be tudja „tanítani” őket. Tehát ennek az adathalmaznak, amelyet gyakran tanítóhalmaznak is neveznek, az osztályai ismertek, melyek egymást kizáró címkék, kategóriák. Az egyedeket sokszor attribútum-értékvektorokként ábrázolják, amelyeknek ismert az a tulajdonságuk, hogy milyen osztályba tartoznak. Ezekből az egyedekből áll a fa tanítóhalmaza. A döntési fa ennek a halmaznak a segítségével osztályozza a még nem ismert, és az ismert elemeket is, mindkettő esetben helyesen meg kell tudnia becsülni azt, hogy az adott egyed melyik osztályba fog tartozni. Ez akkor kerül meghatározásra, ha a felépített fában fentről-lefelé haladva elérünk egy levelet, hiszen az egymást kizáró osztályok a fa leveleihez vannak hozzárendelve [5]. A levelekig a fa gyökerétől a csomópontokon keresztül jutunk el, amelyek egy-egy elágazást valósítanak meg. A csomópontok kialakítása az egyedek különböző attribútumai alapján történnek, a tanító adatok halmazát legjobban felosztó attribútum fogja a fa gyökerét alkotni. Ezután a felosztott adatokat is tovább fogjuk osztani, és ezzel elindul egy rekurzív folyamat, amely akkor fejeződik be, ha az adott ágon az összes maradék adat egy osztályba sorolható [6].

Mint korábban említésre került, az ajánlórendszerek bemeneti adatainak egy része a felhasználóra vonatkozik [3]. Ezeket bekérhetjük valós időben, így aktuálisak lesznek, és akár el is tárolhatjuk őket ahhoz, hogy a későbbiekben felhasználjuk, hogy minél több adat álljon a rendszernek a rendelkezésére. Másik bemeneti adatai az ajánlórendszereknek az egyedekre vonatkozó információk [3]. Ezeknek az adatoknak egy részét érdemes lehet tárolni valahol a programon kívül annak érdekében, hogy a

program futása után is megmaradjanak, illetve lehetnek viszonylag állandó jellegű adatok is, mint pl. amelyek az egyedekre vonatkoznak. Ezeket az információkat érdemes lehet egy adatbázisban tárolni, hiszen nagyméretű adathalmazok is lehetnek a bemeneti adatok [4].

A szakdolgozatomban egy filmekre vonatkozó ajánlórendszert fejlesztettem C# nyelven, amely filmeket ajánl a felhasználó számára az általa adott bemeneti adatok felhasználásával. A felhasználónak a filmek különböző tulajdonságaira vonatkozó prioritásai alapján teszi fel a kérdéseket, és súlyozza a felhasználó által ezekre a kérdésekre adott válaszokat. A teljes adathalmazból véletlenszerűen meghatározásra kerül egy 20 elemű tanítóhalmazt, amelyben a halmaz minden eleme kap egy lebegőpontos pontszámot, amelyek a kérdésekre adott válaszokkal kerülnek kialakításra. A felhasználó számára fontosabbnak, tehát nagyobb prioritásúnak beállított tulajdonságokhoz kapcsolódó kérdésekre adott válaszok nagyobb mértékben fogják befolyásolni a pontszámokat. Végül az így kialakított tanítóhalmaz pontszámait felhasználva megbecsüljük az egész adathalmaz filmjeinek a pontszámait, és a legjobb 5 filmet fogja a program ajánlani a felhasználó számára.

Az információk a programomhoz használt filmekről a „movies.db” adatbázisban kerültek letárolásra. Az SQLite [7] adatbáziskezelő rendszert használtam annak egyszerűsége, hordozhatósága miatt, illetve egy nagy előnye, hogy megbízhatóan tud működni gyakorlatilag szinte minden programozási környezetben.

A felhasznált adatok egy kaggle.com-on megtalálható adatbázisból [8] származnak, amely a TMDb [9]-ről származó adatokkal lett feltöltve, így az általam készített adatbázis adatainak az eredeti forrása a TMDb-n szereplő adatok.

2. Ajánlórendszer építéséhez szükséges komponensek bemutatása

Ebben a fejezetben áttekintésre kerülnek kereső algoritmusok, köztük hagyományosabb és modernebb koncepcióval rendelkezők is. A fejezet további részében olyan komponensek kerülnek bemutatásra, amelyek fontos szerepet játszanak az általam létrehozott ajánlórendszer működéséhez, mint például az adatbázisrendszer, vagy az ML.NET függvénykönyvtár.

2.1 Alternatív keresők bemutatása

Az ajánlórendszereken kívül természetesen vannak egyéb keresők is, mindegyikük más és más elven alapul, és ennek megfelelően más és más célokra is használatosak. A különböző célok mellett ezek a keresők különböző módokon, és helyeken jelenhetnek meg, mint ahogyan az ajánlórendszerek is, hiszen pl. a YouTube-on megtekintett filmek jelentős része ajánlórendszerek ajánlásából származik [2], de emellett felhasználhatóak akár online webáruházak és könyvtárak oldalain is [3].

2.1.1 Kulcsszó alapú keresők

A kulcsszó alapú keresők a felhasználó által megadott kulcsszavak alapján végzik a keresést, ezekkel a szavakkal keresnek egyezéseket a különböző weboldalokon, dokumentumokban. Ezeknél a keresőknél a precision (pontosság), és a recall (fedés) értékei egyaránt alacsonyak. A precision azt mutatja meg százalékosan, hogy hány olyan találat volt, amely a felhasználó számára az adott keresés szempontjából értékes információkat tartalmazott. A recall azt mutatja meg százalékos formában, hogy mennyit sikerült megtalálni az összes olyan cikkből, dokumentumból, amelyek az adott keresés szempontjából relevánsak. A legnagyobb problémájuk, hogy rengeteg esetben nem képesek releváns találatokat biztosítani, mivel nem ismerik a keresett szavaknak a jelentéseit, ezáltal nem képesek kontextusba helyezni őket. Ez különösen a többjelentésű szavaknál, illetve a szinonimáknál okozhat jelentős problémát. A weboldalak sokszor bizonyos kulcsszavakat tudatosan azért helyeznek el az oldalon, hogy a kulcsszó alapú keresőmotorokkal egyszerűbben, gyorsabban megtalálható legyen az adott oldal [10].

2.1.2 Szemantikus keresők

A szemantikus keresők ontológia segítségével garantálják, hogy a szavaknak a kapcsolatai és jelentései alapján releváns találatok kerüljenek megjelenítésre. A szemantikus keresők a szemantikus webet használják keresési térként, amely egy olyan jól definiált és jól strukturált információkat tartalmazó változata a webnek, ahol az egyes cikkek, weboldalak különböző szemantikus webes nyelvi elemekkel (RDF, OWL) egészülnek ki, amelyekkel kifejezhetőek a különböző kapcsolatok és összefüggések az egyes források és kulcsszavak között. A szemantikus keresők ezeknek az

információknak a használatával képesek bonyolult keresésekre is releváns találatokat adni [10].

Jelentős eltérés a kulcsszó alapú és a szemantikus keresők között az időtartam. A kulcsszó alapú keresők esetében az eredmények rendezése időigényes tud lenni a felhasználó számára, ezzel szemben a szemantikus keresők rövid idő alatt releváns találatokat tudnak adni, amelyek nem szorulnak rendezésre [10].

2.1.3 NLP (Természetes nyelvfeldolgozás)

A természetes nyelvfeldolgozás (Natural Language Processing vagy röviden NLP), egy olyan tudományterület, amely azt kutatja, hogy hogyan lehet a gépeket az emberi nyelven végzett kommunikáció, leírt szövegek értelmezésére felhasználni. Ezek a keresők az NLP technológia segítségével olyan találatokat képesek biztosítani, amelyek a keresett kulcsszavakat, kifejezéseket nem feltétlenül tartalmazzák, viszont ennek ellenére olyan adatokat tartalmaznak, amelyek kapcsolódhatnak azokhoz. A gépi tanulás ma már teljes mondatok elemzésére is használható, ezáltal a keresett kifejezésben lévő kulcsszavakat a mondat többi részét elemezve képes kontextusba helyezni. Ennek megvalósításához Open IE (Open Information Extraction) technológiát használnak, melynek lényege, hogy az alanyokat, állítmányokat, tárgyakat kinyerik a mondatból, így ezen információk ismeretében könnyebben értelmezhető, hogy mi történik az adott mondatban, mik az aktuális körülmények [11].

Az NLP alapú keresők is küzdenek a többértelműség problémájával, ezeknél is megvan az esély arra, hogy a kereső félreértelmezi a felhasználó által megadott kifejezést, különösen a többjelentésű szavaknál [12].

2.1.4 Faceted kereső

A faceted keresők, vagy más néven gyakorlatilag a szűrők koncepciója az, hogy a felhasználó különböző szempontok, állítások szerint kereshet egy adathalmazban. A felhasználó szemszögéből ez úgy néz ki, hogy különböző kategóriákat lát, amelyeket ki tud választani, és ez által ezek korlátfeltételekként jelennek meg a keresésben, tehát a találatok listája leszűkül azokra az egyedekre, amelyek az adott kategóriába sorolhatóak, rendelkeznek a kiválasztott tulajdonsággal. A szűrő egy-egy kérdése egy állítás (predikátum) szempontjából vizsgálja az egyedeket (pl. ha az adathalmaz egyedei emberek, akkor vizsgálhatóak nem vagy foglalkozás szempontjából). Ezekhez a szempontokhoz többféle válaszlehetőség tartozhat, tehát az egyedek többféle értéket vehetnek fel az adott szempontok szerint vizsgálva, ezért a szűrő működéséhez az adathalmaznak predikátum-értékpárokat kell tartalmaznia [13].

A kategóriák kialakításának a módja történhet hagyományos módon, vagy ha szemantikával ötvözik, akkor ontológia segítségével is. A kategóriák kialakításával kapcsolatban egy olyan probléma merülhet fel, hogy a felhasználók lehetséges, hogy máshogy alakítanak ki őket, hiszen számukra nem túl természetes az aktuális felosztás. Ez lehet amiatt, mert túl általánosan kerültek kialakításra, vagy akár pont az ellenkezője

miatt is, mikor túl szakmaiak lettek a kategóriák, amelyeket pedig a felhasználó már nem ért [14].

2.1.5 Kép alapú keresők (CBIR)

A kép alapú keresők (Content-Based Image Retrieval, röviden CBIR) kevésbé sorolhatók a hagyományos keresők közé. A kép alapú keresők a képeket azoknak a vizuális jellemzői, például szín, alak, textúra alapján keresik vissza. Régebben a képindexelés úgy működött, hogy a képekhez különböző kulcsszavakat, leírásokat rendeltek hozzá a visszakereshetőség érdekében, viszont ez rendkívül lassú, munka és időigényes volt. Erre a problémára jelentettek megoldást a kép alapú keresők, ahol ilyen jellegű munkálatokra már nem volt szükség ahhoz, hogy kereshetőek legyenek a képek [15].

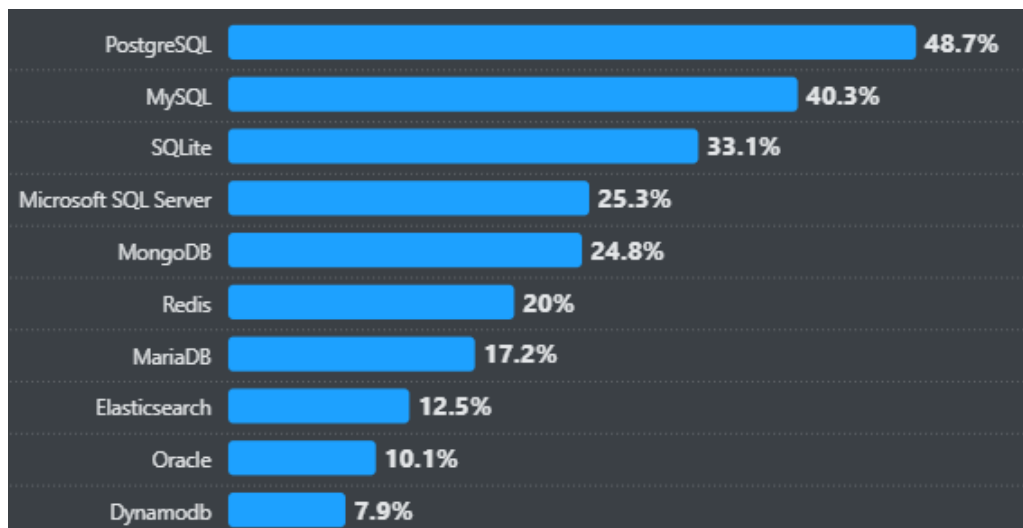
A CBIR folyamata során a képek keresése a következőképpen néz ki: Először megadja a felhasználó azt a képet, amelyhez hasonló képeket szeretne keresni. A kereső elemzi ezt a képet a vizuális tulajdonságai alapján, majd az összes képével ugyanezt teszi annak az adatbázisnak, amelyben keresünk. Ezután a kereséshez használt kép jellemzőit összeveti az adatbázis képeinek jellemzőivel, és a találatok között azok a képek fognak szerepelni, ahol vizuálisan hasonló eredményt kapunk [15].

2.2 SQLite bemutatása

Az SQLite [7] egy olyan nyílt forráskódú C nyelvű könyvtár, amely egy cross-platform, teljes körű SQL adatbázis-motort valósít meg. Jellemzői közé tartozik, hogy rendkívül kicsi, gyors, kevés függősége van, és nagy megbízhatóságú [16].

Az SQLite a világ egyik leggyakrabban használt adatbázis-motorja [18]. A cross-platform tulajdonságának köszönhetően számos különböző eszközön, köztük mobiltelefonokban, televíziókban, játékkonzolokban, kamerákban, autókban, és a legtöbb számítógépen is megtalálható valamilyen formában, vagy beépítve, vagy pedig olyan alkalmazások részeként, amelyeket az emberek nap mint nap használnak ezeken az eszközökön [17].

A StackOverflow 2024-es felmérése [18] alapján a válaszokból ítélve a felhasználók 33,1%-a válaszolta azt, hogy használja az SQLite-ot, ezzel a listán a 3. helyet szerezte meg a legnépszerűbb, legelterjedtebb adatbázisok között (1. ábra).



1. ábra: A StackOverflow 2024-es felmérése különböző adatbázis motorok elterjedtségéről [18]

A listában csak a PostgreSQL és a MySQL előzik meg, viszont ezek nehezen tekinthetők az SQLite konkurensainak, mivel ezek kliens/szerver adatbázis motorok, amelyek más jellegű problémákra nyújtanak megoldást. Általánosságban elmondható, hogy ezeknél az elosztott vállalati adatoknak egy központosított adatbázisban való tárolása a cél. Ezzel szemben az SQLite arra a célra készült, hogy helyi tárolás céljából biztosítson egy kisebb méretű adatbázist különböző alkalmazásokhoz, programokhoz, amelyben egyszerűen és gyorsan tárolhatók azok az adatok, amelyekkel a program dolgozik [17].

Mivel a szakdolgozatom középpontjában egy helyi, C# program áll, így a kliens/szerver adatbázis motorok helyett egy kisebb méretű helyi adatbázisra volt szükségem, ezért is esett a választásom az SQLite-ra. Ettől eltekintve az SQLite nem csak helyi programok esetében használható, sőt kliens/szerver adatbázismotort igénylő feladatok is megvalósíthatóak vele, vagy akár egy közepes látogatottságú weboldal adatbázisaként is használható [17].

Mivel egy C# nyelvű programról van szó, ezért az adatbázismotor kiválasztásánál egy fontos kitétel volt, hogy C# nyelvvel könnyen, és jól használható legyen. A *System.Data.SQLite* egy ADO.NET szolgáltatás az SQLite-hoz [19]. Az SQLite adatbázismotor ennek a *System.Data.SQLite* NuGet csomagnak a segítségével könnyedén használható, és integrálható bármely C# alkalmazásba, így tökéletes választásnak bizonyult egy SQLite adatbázis a szakdolgozatom programjához szükséges adatok eltárolásához.

2.3 Az adatbázis felépítése

Az adatbázis 11 darab táblát tartalmaz, amelyek a következők: *Movies*, *Countries*, *Directors*, *Genres*, *Keywords*, *Languages*, *Movies_Countries*, *Movies_Directors*, *Movies_Genres*, *Movies_Keywords*, *Movies_Languages*.

2.3.1 Az adatbázis szerkezete

A **Movies** tábla a következő mezőkből áll:

- ID:
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: A film egyedi azonosítója, ez az elsődleges kulcs.
- Title:
 - Típus: TEXT
 - Leírás: A film címe angolul, amely az esetek nagy részében megegyezik a filmek eredeti címével.
- Genre:
 - Típus: TEXT
 - Leírás: A film műfaja(i) felsorolásszerűen, vesszővel elválasztva. Egyes filmeknél csak 1 darab van belőle, más, több műfajba is beleillő filmeknél több is lehet.
- Released:
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: A film megjelenésének éve.
- Runtime:
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: A film játékidéje percben megadva.
- Gender_of_the_protagonist:
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: A főszereplő nemét jelzi. Az értéke 1, ha a főszereplő nő, ha férfi akkor pedig 2 az értéke.
- Main_actor:
 - Típus: TEXT
 - Leírás: A főszereplő színész neve.
- Keywords:
 - Típus: TEXT
 - Leírás: Az adott filmhez kapcsolódó, a TMDb-ről származó kulcsszavak vesszővel ellátott felsorolása, melyek használatával könnyebben találhatunk hasonlóságokat a filmek között.
- Director:
 - Típus: TEXT
 - Leírás: Az adott film rendezőjének/rendezőinek neve.
- Language:
 - Típus: TEXT
 - Leírás: A film eredeti nyelve, illetve a benne elhangzó nyelvek felsorolása.
- Pruduction_countries:
 - Típus: TEXT
 - Leírás: A készítő országok neveinek felsorolása.

- **Tmdb_score:**
 - Típus: REAL
 - Leírás: Az adott film TMDB-n szereplő értékelése, amely a felhasználói értékelések átlaga. Az értékelés egy 0-tól 10-ig terjedő skálán történik, így a pontszám is a két érték közé eshet csak.
- **Number_of_ratings:**
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: Megmutatja, hogy a TMDB oldalán eddig hányan értékelték az adott filmet, tehát a „Tmdb_score” nevű mező hány értékelésnek az átlaga.
- **Popularity:**
 - Típus: REAL
 - Leírás: Az adott film TMDB szerinti népszerűségi indexe, melyet a felhasználók tevékenységeiből számolnak.
- **Budget:**
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: Az adott film költségvetésének összege amerikai dollárban megadva.
- **Revenue:**
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: Az adott film bevételeinek összege amerikai dollárban megadva.

A **Countries** tábla a következő mezőkből áll:

- **ID:**
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: Az adott ország egyedi azonosítója, ez az elsődleges kulcs.
- **Country_Name:**
 - Típus: TEXT
 - Leírás: Az adott ország neve.

A **Directors** tábla a következő mezőkből áll:

- **ID:**
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: Az adott rendező egyedi azonosítója, ez az elsődleges kulcs.
- **Director_Name:**
 - Típus: TEXT
 - Leírás: Az adott rendező neve.

A **Genres** tábla a következő mezőkből áll:

- **ID:**
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: Az adott műfaj egyedi azonosítója, ez az elsődleges kulcs.
- **Genre_Name:**
 - Típus: TEXT

- Leírás: Az adott műfaj neve.

A **Keywords** tábla a következő mezőkből áll:

- ID:
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: Az adott kulcsszó egyedi azonosítója, ez az elsődleges kulcs.
- Keyword_Name:
 - Típus: TEXT
 - Leírás: Az adott kulcsszó neve.

A **Languages** tábla a következő mezőkből áll:

- ID:
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: Az adott nyelv egyedi azonosítója, ez az elsődleges kulcs.
- Language_Name:
 - Típus: TEXT
 - Leírás: Az adott nyelv elnevezése.

A **Movies_Countries** kapcsolótábla a következő mezőkből áll:

- Movie_ID:
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: Az adott film egyedi azonosítója, idegenkulcs, amely a *Movies* tábla ID mezőjére mutat.
- Countries_ID:
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: Az adott ország egyedi azonosítója, idegenkulcs, amely a *Country* tábla ID mezőjére mutat.

A **Movies_Directors** kapcsolótábla a következő mezőkből áll:

- Movie_ID:
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: Az adott film egyedi azonosítója, idegenkulcs, amely a *Movies* tábla ID mezőjére mutat.
- Directors_ID:
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: Az adott rendező egyedi azonosítója, idegenkulcs, amely a *Director* tábla ID mezőjére mutat.

A **Movies_Genres** kapcsolótábla a következő mezőkből áll:

- Movie_ID:
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: Az adott film egyedi azonosítója, idegenkulcs, amely a *Movies* tábla ID mezőjére mutat.
- Genres_ID:
 - Típus: INTEGER

- Leírás: Az adott műfaj egyedi azonosítója, idegenkulcs, amely a *Genre* tábla ID mezőjére mutat.

A **Movies_Keywords** kapcsolótábla a következő mezőkből áll:

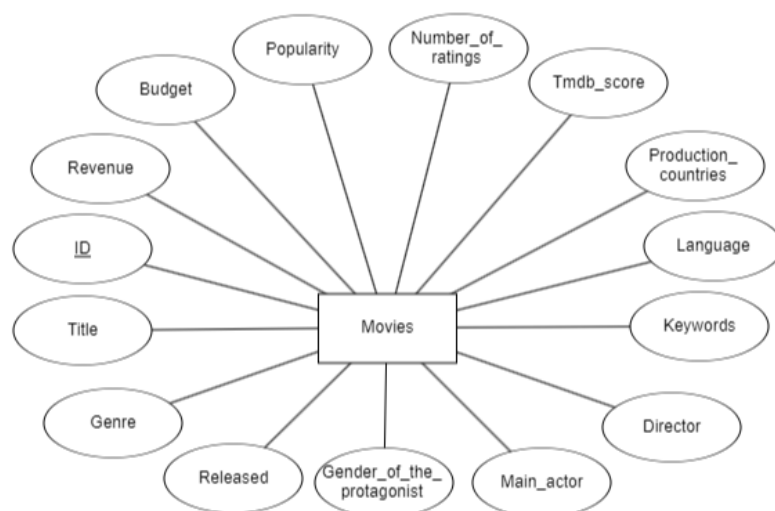
- **Movie_ID:**
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: Az adott film egyedi azonosítója, idegenkulcs, amely a *Movies* tábla ID mezőjére mutat.
- **Keywords_ID:**
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: Az adott kulcsszó egyedi azonosítója, idegenkulcs, amely a *Keyword* tábla ID mezőjére mutat.

A **Movies_Languages** kapcsolótábla a következő mezőkből áll:

- **Movie_ID:**
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: Az adott film egyedi azonosítója, idegenkulcs, amely a *Movies* tábla ID mezőjére mutat.
- **Languages_ID:**
 - Típus: INTEGER
 - Leírás: Az adott nyelv egyedi azonosítója, idegenkulcs, amely a *Languages* tábla ID mezőjére mutat.

2.3.2 Az adatbázis ER modellje

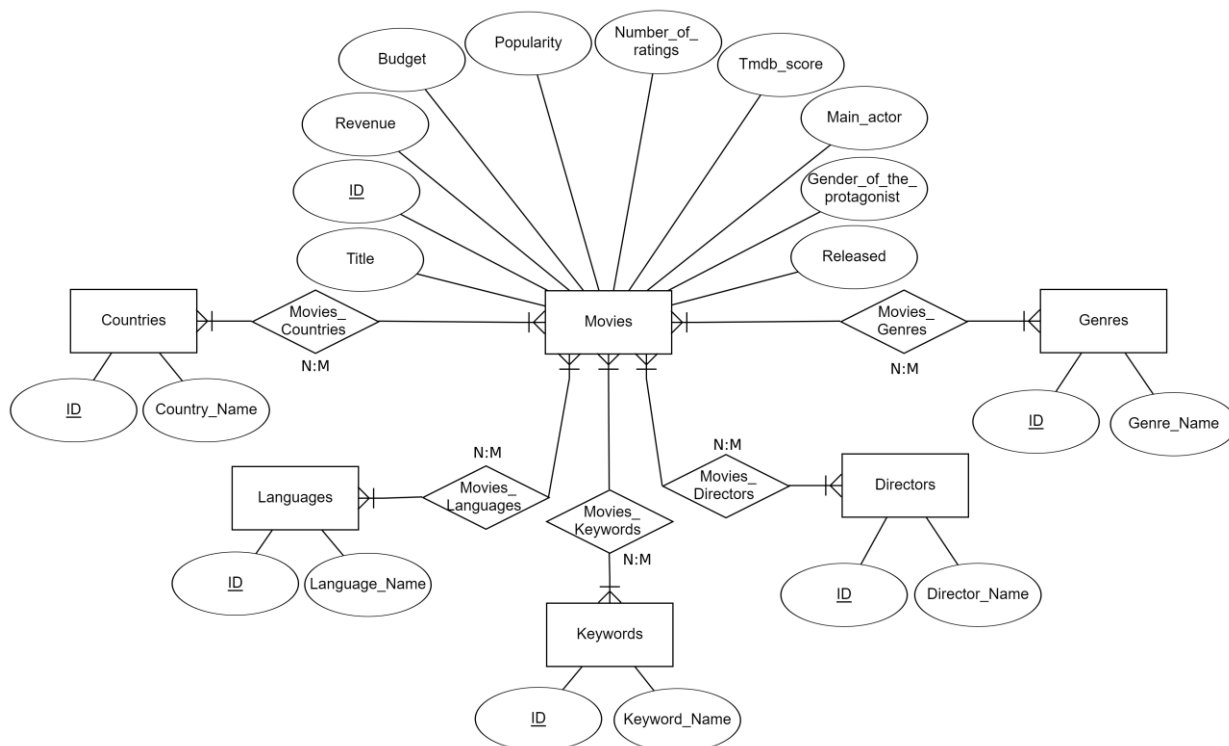
Az adatbázisok szerkezeti felépítésének szemléltetésére két gyakran használt módszer van, ezek közül az egyik az ER modell. A diagramon a táblákat téglalapok jelölik, benne a nevükkel, a táblák mezőit pedig ellipszisek, amelyek belsejében szintén megtalálható a nevük is. A mezők vonalakkal vannak összekötve azzal a táblával, amely tartalmazza őket. Az adatbázis kiindulási ER modelljén jól látszik, hogy az adatbázis csupán egyetlen táblát tartalmaz, és az összes mező ehhez a táblához kapcsolódik. Az ID mező neve aláhúzással van megjelölve, ez azt szemlélteti, hogy a táblának ez az elsődleges kulcsa (2. ábra).



2. ábra: A movies.db adatbázis kiindulási, lebontás előtti ER modellje

A *Movies* tábla adatainak tartalmát vizsgálva a legtöbb egy egyszerű értéket tartalmaz, azonban vannak közöttük olyan mezők is, amelyek több értéket is tartalmaznak, egymástól vesszővel elválasztva. Ezeket az értékeket ebben a formában nem lehet hatékonyan felhasználni, mivel a mezők különböző értékeit nem tudjuk külön-külön vizsgálni, csak egyben. Például ha egy filmben 3 nyelven is megszólalnak, ezáltal a nyelve „Angol, Magyar, Német”, akkor ebben a formában erről a filmről csak ennyit tudunk elmondani. Viszont ha külön-külön arról szeretnénk információt kapni, hogy az adott filmben beszélnek-e „Angol” vagy „Magyar” nyelven, akkor az adatbázisban nincs olyan információ, ami konkrétan erre a kérdésre adna választ, ez pedig megnehezíti az adatok, jelen esetben filmek ezen tulajdonságokon alapuló egymással történő összevetését.

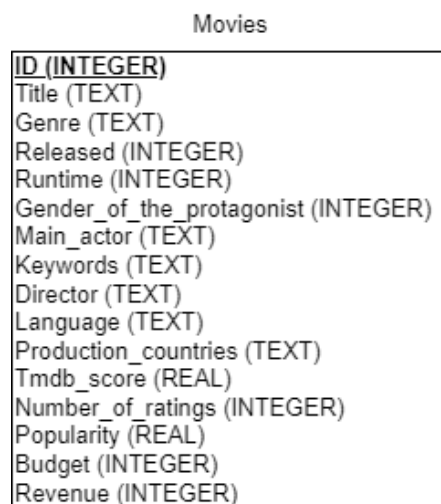
Az érintett mezők tartalmait lebontva az adatbázis szerkezete nagyban megváltozik, melyet a lebontás utáni ER modell jól szemléltet (3. ábra). Az érintett mezők már nem csak közvetlenül a *Movies* táblához tartoznak (az adatbázis szerkezetében továbbra is jelen vannak ott is, de az ábra bonyolultságának elkerülése érdekében nincsenek ábrázolva), hanem külön táblákká alakultak át, és ezeket a közöttük lévő N:M típusú kapcsolatok kapcsolják a *Movies* táblához. Mivel a kapcsolatok mindkét irányba több-több (N:M), így ennek tényleges megvalósításához kapcsolótáblák létrehozása szükséges, viszont ez nem látszik az ER diagramon.



3. ábra: A movies.db adatbázis lebontás utáni ER modellje

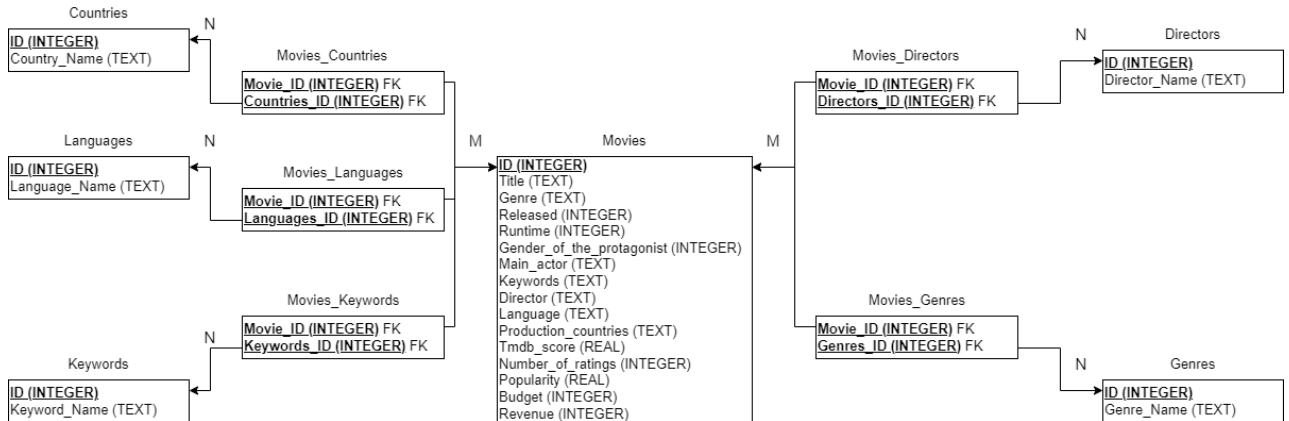
2.3.3 Az adatbázis relációs modellje

Az adatbázisok szerkezeti felépítésének másik gyakori módszere a relációs modell. Az adatbázis szerkezetének az állapotát az előbbieken részletezett lebontás folyamatát megelőzően a kiindulási relációs modell mutatja meg (4. ábra). A relációs modellben is téglalapok jelzik a táblákat, viszont itt a mezők a téglalapba beleírva helyezkednek el. A kiindulási relációs adatmodell annyival tartalmaz több információt az adatbázisról a kiindulási ER modellel (2. ábra) szemben, hogy itt az is jelölve van, hogy a különböző mezők milyen típusú adatokat tartalmaznak.



4. ábra: A movies.db adatbázis kiindulási, lebontás előtti relációs modellje

Az adatbázis szerkezetének a lebontás folyamata utáni állapotát szemléltető relációs modellje már részletesebb képet ad az adatbázisról (5. ábra). Itt már megjelennek a kapcsolótáblák, és azok mezői is, továbbá szintén megjelennek a mezőkben tárolt adatok típusai is.



5. ábra: A movies.db adatbázis lebontás utáni relációs modellje

A lebontás során 1 táblából 11 táblánk lesz. Minden lebontott mezőhöz 1 tábla és egy kapcsolótábla is fog tartozni.

Minden lebontott tábla N:M kapcsolatot valósít meg a *Movies* táblával, hiszen pl. egy filmnek lehet több műfaja, illetve ha van egy műfaj, akkor az több filmnél is szerepelhet, nem csak egy darabnál. Egy filmben beszélhetnek több nyelven is, továbbá több filmben is beszélhetnek ugyanolyan nyelven, így ugyanazt a nyelvet több filmhez is hozzárendelhetjük, és így tovább. Az ilyen jellegű több-több kapcsolat miatt van tehát szükség a kapcsolótáblákra minden lebontott mező esetében.

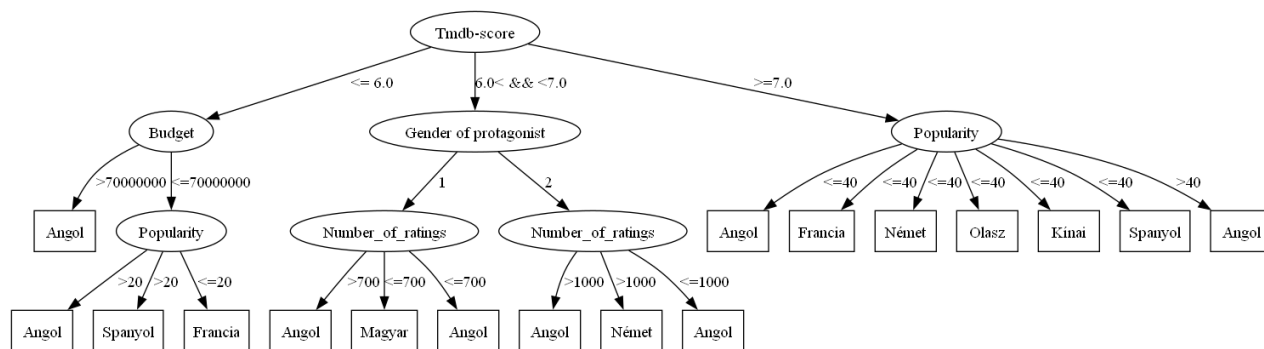
A táblák közötti kapcsolatok mindkét irányba kötelezőek: Minden filmnek van műfaja, gyártási országa, rendezője, stb., ezért ez kötelező jellegű kapcsolat. A lebontott tulajdonságok esetében, tehát pl. a műfajokat, rendezőket, kulcsszavakat, stb. tartalmazó táblákban alapvetően előfordulhatnak olyan adatok, amelyekhez nem rendelünk filmet, hiszen egyik film sem rendelkezik ilyen tulajdonságokkal. Viszont a program felépítéséből adódóan ez nem lehetséges, hiszen ezeket a táblákat az adatbázisban lévő filmek adatait használva töltjük fel, és amennyiben ezek közül bármelyik film, vagy annak adata törlődik, akkor az összes ilyen jellegű tábla tartalmát frissítjük. Tehát pl. a *Genres* táblát nézve annak minden egyes műfajához fog legalább egy film kapcsolódni a *Movies* táblában.

2.4 Kézzel készített döntési fa a film nyelvére vonatkozóan

A szakdolgozatom témája a kérdőív alapú adaptív ajánlórendszerek, melyekhez szorosan kapcsolódik a döntési fák témaköre is. Az ajánlórendszerek olyan gépi tanulási technikák, amelyek különböző termékek, szolgáltatások sokaságát tudják javasolni a felhasználó számára a felhasználtól származó információk alapján, ezáltal könnyebbé teszi számára az ő ízlésének megfelelő termékek, szolgáltatások megtalálását [3].

A beérkező információk feldolgozásának egyik módszere a döntési fák, melyek nagy pontossággal képesek osztályozni a különböző információkat, így tökéletes alapot tudnak szolgáltatni az ajánlórendszer döntéseinek meghozatalában [4].

A döntési fák szemléltetésére létrehoztam egy olyan fát, amely kézzel került összerakásra, a leírásához JSON formátumot választottam (6. ábra). Azért a JSON formátumra esett a választásom, mert egy olyan platformfüggetlen formátumról van szó, amelyet szinte minden programozási nyelv támogat. Egyszerű a szintaktikája, a használatával leírt adatok, modellek egyszerűen feldolgozhatóak más programozási nyelvek segítségével, továbbá érthetőek az emberek és gépek számára is egyaránt [20].



6. ábra: A film nyelvére vonatkozó kézzel készített fa ábrázolása

A fa egy 20 elemű tanító halmaz segítségével került kialakításra, ami az adatbázisom utolsó 20 db filmjéből áll, azok alapján alakítottam ki az elágazásokat. A JSON fájl felépítésében 3 ismétlődő elem jelenik meg: a „node”, amely a csomópontokat jelöli, a „condition”, ami a feltételeket, elágazásokat jelöli, illetve az „outcome”, amelyek a fa levelei, tehát a lehetséges kimenetek.

Az alábbi kódrészlet a döntési fa egyik ága, amelyet akkor vizsgálunk, ha az adott film TMDB értékelése 6,0, vagy annál kisebb. Ezután a következő csomópont a *Budget*: ha nagyobb, mint 70000000, akkor a film nyelve Angol. Ha kisebb, vagy egyenlő, mint 70000000, akkor még a film *Popularity* tulajdonságának vizsgálatára is szükség van. Ha ez az érték nagyobb, mint 20, akkor a film nyelve, tehát a fa kimenete Angol és Spanyol, ellenben ha kisebb, vagy egyenlő mint 20, akkor Francia. A döntési fa JSON nyelvű leírása az alábbi:

```
{
  "decision_tree": {
    "root": {
      "node": "Tmdb-score",
      "condition": [
        {
          "condition": "<= 6.0",
          "outcome": {
            "node": "Budget",
            "condition": [
              {
                "condition": ">70000000",
                "outcome": "Angol"
              },

```

```

{
  "condition": "<=700000000",
  "outcome": {
    "node": "Popularity",
    "condition": [
      {
        "condition": ">20",
        "outcome": ["Angol", "Spanyol"]
      },
      {
        "condition": "<=20",
        "outcome": "Francia"
      }
    ]
  }
}

```

2.5 Kézzel készített döntési fa hatékonysága

A bemutatott döntési fa hatékonyságának mérését az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat: A kézzel készített döntési fa hatékonyságának mérési eredményei

Intervallum	"1-20"	"60-80"	Összesen
Helyes	17	4	21
Összesen	20	20	40
Hatékonyság	85,00%	20,00%	52,50%

A fa hatékonyságának mérését a *movies.db* adatbázis két különböző, de egyforma méretű tartományán végeztem. A mérésnél az egyes eseteknél abban az esetben soroltam „Helyes” kategóriába az adott esetet, ha a film nyelveit a különböző tulajdonságainak vizsgálatával, a döntési fát használva pontosan sikerült megállapítani. A többnyelvű filmeknél, pl. a "Magyar, Angol"-t egy nyelvnek vettem, hiszen a döntési fa kialakításánál is ahol több nyelv volt jelen egy filmben, azokat együttesen vettem egy nyelvként. Tehát pl. ha egy film nyelve „Angol, Spanyol”, de a döntési fát használva végeredményként amennyiben csak az „Angol”, vagy esetleg csak a „Spanyol” eredmény jött ki végeredménynek, akkor az adott filmre vonatkozó becslés nem bizonyult „Helyes” eredményűnek.

Az 1. táblázat eredményeiből jól látszik, hogy a hatékonyság nagyban függ attól, hogy az adatbázis melyik tartományában vizsgáljuk a filmeket. Hatékonyságra az első 20 db filmet vizsgálva 85% jött ki eredményként, mivel az adatbázis ezen szakaszán nagyrészt angol nyelvű filmek voltak csak, így itt jobban működött a fa. A 61-80. filmre is megnéztem a hatékonyságát, itt láthatóan kevésbé működött jól a fa, csak 20%-os hatékonyságot adott, ami azzal magyarázható, hogy ebben az intervallumban sokkal vegyesebb nyelvű filmek szerepelnek, illetve sok olyan nyelvkombináció (pl. "Afrikai, Angol", "Angol, Japán") jelent meg, amelyek a döntési fában nem szerepeltek, hiszen

az utolsó 20 filmnél nem voltak ezek jelen. A két szeletet együttvéve, a 40 filmet összességében vizsgálva 52,5%-os hatékonyság jön ki eredményként.

Később a programom *DecTreeForLanguage* osztályában létrehoztam egy *CompareToHandmadeDecTree* metódust, amelyben az ML.NET segítségével létrehoztam egy hasonló becslést, mint a kézzel készített döntési fa. A metódus célja, mint a neve is jelöli, az volt, hogy össze lehessen hasonlítani egy gép által létrehozott becslést a kézzel készített döntési fával. Ezt úgy valósítottam meg, hogy a filmek ugyanazon jellemzőit adtam meg betanítási adatnak, mint amik a kézzel készített fában is szerepelnek, tehát a *Budget*, *Popularity*, *NumberOfRatings*, *GenderOfProtagonist* és a *TmdbScore* jellemzőket. A kimenet, tehát a jellemző, amire a becslés irányult a film nyelve volt értelemszerűen itt is. Betanításhoz ugyanúgy az adathalmaz utolsó 20 filmjét használtam fel, mivel ezek alapján készült a kézzel készített fa is. A hatékonyság vizsgálatakor ugyanúgy 2 tartományt vizsgáltam: az első 20 filmet, illetve a 60. és 80. film közti intervallumban lévő filmeket. A kapott eredményeket a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: Az ML.NET-tel készített becslő algoritmus hatékonyságának mérési adatai

Intervallum	"1-20"	"60-80"	Összesen
Helyes	17	7	24
Összesen	20	20	40
Hatékonyság	85,00%	35,00%	60,00%

A mérés módja és szempontjai teljes mértékben megegyeztek a korábban, a fa mérésénél ismertetett módszerrel, csak jelen esetben automatizálva történtek. A *CompareToHandmadeDecTree* metódusban a becsült értékeket összevetettem a valós értékekkel, és ha egyezést találtam, akkor egy erre a célra létrehozott double típusú változó értékét megnöveltem. Miután végigment a program a filmekben, a kapott értéket elosztottam 20-szal, mivel egy 20 elemű intervallumot vizsgáltunk, így megkaptam a hatékonyságot százalékos formában.

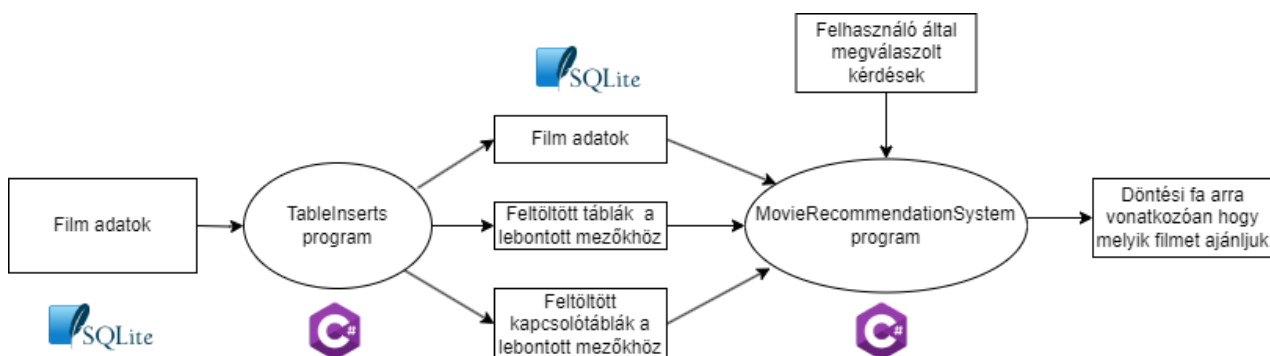
A mérési adatok összehasonlításából az látszik, hogy az első vizsgált intervallumban ugyanolyan hatékonysággal tudott működni az algoritmus, mint a kézzel készített fa, tehát 85%-os hatékonysággal. A második intervallumban, amely vegyesebb nyelvű filmeket tartalmaz, viszont tudott javulni a kézzel készített becsléshez képest, mivel a 20 filmből 4 helyett 7 darabot sikerült helyesen megbecsülnie, ezzel pedig a teljes hatékonyságot 52,5%-ról 60%-ra sikerült növelni. Tehát ezek alapján a géppel készített becslő algoritmus 7,5%-kal hatékonyabb, mint a kézzel készített döntési fa.

2.6 Folyamatábra az adatbázis adatainak feldolgozásáról

Egy folyamatábrával került szemléltetésre az, hogy hogyan, és milyen eszközökkel jutunk el az adatázisba összegyűjtött filmektől a felhasználó számára ajánlott filmekig (7. ábra). A folyamatban a feldolgozóegységek a C# nyelven írt programok. Azon belül a *TableInserts* egy egyszerű konzolos, tehát grafikus felülettel nem rendelkező program,

amely a korábbiakban részletezett mezők lebontásáért felelős, tehát gyakorlatilag egy segédprogramként szolgál a fő program számára, hiszen a feldolgozáshoz szükséges formába hozza a filmek adatait. A TableInserts program részletes, kód szintű bemutatása a melléklet „A” fejezetében található meg. A lebontással új táblák jelennek meg az eredeti *Movies* tábla mellett, ezekkel egészül ki az eredeti, SQLite formátumban tárolt adatbázis. A fő grafikus program, amely az adatok feldolgozását, kezelését, megjelenítését, illetve magát az ajánlórendszert is megvalósítja, már a TableInserts által átalakított, előkészített adatbázist kapja meg bemenetként. A fő program, tehát a „MovieRecommendationSystem” felépítésének részletes bemutatását a melléklet „B” fejezete tartalmazza.

Másik bemeneti forrása a felhasználó által adott információk, a megválaszolt kérdések, hiszen ezek felhasználásával, feldolgozásával fogja elvégezni a program az ajánlott filmekre vonatkozó becslését, amely majd a program kimenetétül fog szolgálni.



7. ábra: Folyamatábra a feldolgozandó adatokról, és a feldolgozóegységekről

2.7 ML.NET bemutatása

Ebben a fejezetben egy C#-hoz használható gépi tanulási metódusokat tartalmazó függvénykönyvtárról lesz, szó, az ML.NET-ről [24].

2.7.1 A mesterséges intelligencia és a gépi tanulás kapcsolata

A mesterséges intelligencia egy olyan ága a számítástechnikának, amely azzal foglalkozik, hogy a számítógépeket olyan feladatok elvégzésére „tanítja be”, amelyekhez általában valamilyen emberi beavatkozás, emberi intelligencia szükséges. Napjainkban megkérdőjelezhetetlen ütemben fejlődik és terjed, az élet egyre több területén jelenik meg a használata, és folyamatosan beépítésre kerül a különböző szolgáltatásokba, rendszerekbe. A mesterséges intelligenciának több ágazata is van, ezek közül egyik meghatározó ága a gépi tanulás [21].

A gépi tanulás alatt egy olyan folyamatot értünk, amely automatikusan képessé tesz egy gépet vagy rendszert arra, hogy tanuljon és javuljon a feldolgozott adatokból vett tapasztalatokból, ezáltal előrejelzéseket, becsléseket tud készíteni az új adatokra vonatkozóan. Tehát az explicit programozás helyett a gépi tanulás algoritmusokat használ nagy mennyiségű adat elemzésére, a felismerésekből való tanulásra, majd ezek alapján a döntések meghozatalára [21].

A gépi tanulási algoritmusok teljesítménye idővel javulni tud azáltal, hogy egyre több adattal találkozhatnak amelyeket elemeznek, majd mintákat ismernek fel belőle, amiknek a megtanulásával egyre pontosabb eredményeket tudnak elérni [21].

Maga a gépi tanulási modell alatt azt értjük, amit a program az algoritmus a tanító adatokon történő futtatásából tanul. Minél több adatot használunk, várhatóan annál jobb, pontosabb lesz a modell [21].

A térhódításnak megfelelően a különböző programozási nyelvekhez is megjelentek az utóbbi években a különböző kiegészítők, függvénykönyvtárak, amelyek lehetővé teszik a már előre implementált gépi tanulást használó programrészek, algoritmusok beépítését a programjainkba.

A legelterjedtebb programozási nyelvek közül párat említve a C++-hoz az mpack [22], a Pythonhoz a scikit-learn [23] függvénykönyvtárak használhatóak a gépi tanulás algoritmusainak eléréséhez, az általam is használt C# nyelv esetén pedig az ML.NET [24] függvénykönyvtár tartalmazza ezeket az algoritmusokat.

2.7.2 Mi az az ML.NET?

Az ML.NET [24] egy ingyenes, nyílt forráskódú és cross-platform, azaz Windows, Linux és macOS operációs rendszerekre is egyaránt elérhető gépi tanulási keretrendszer a .NET fejlesztői platformhoz. A keretrendszer nem csak C#, hanem a kevésbé ismert F# nyelvvel is kompatibilis. [25] Az ML.NET segítségével betanítható egy egyéni modell, vagy akár importálhatóak előre betanított TensorFlow- és ONNX-modellek [26].

Az ML.NET tökéletesen használható számos kategorizálási, előrejelzési, összehasonlítási feladatra, többek között például az ügyfelek visszajelzéseinek kategorizálására (jó vagy rossz), folytonos jellemzők, tehát például termékek árának megbecslésére, dolgok hasonlóságának összehasonlítására, vagy akár a felhasználók korábbi tevékenységei, érdeklődési körei alapján történő ajánlások készítésére, ami az én szakdolgozatomnak is a feladata [26].

A függvénykönyvtár első verziójának kiadására 2018 május 7-én került sor, a stabil kiadás legelső, 1.0-ás verzióját pedig 1 évvel később, 2019-ben a Microsoft Build nevű konferenciáján jelentették be [25]. A szakdolgozatom írásakor a legfrissebb kiadott stabil verzió az a 2024 január 18-án megjelent 3.0.1-es verzió, így a program megírásához is ezt a verziót használtam.

2.8 Hogyan néz ki egy ML.NET alkalmazás?

Egy ML.NET program általános felépítését a következő alpontok részletezik.

2.8.1 MLContext létrehozása

Egy ML.NET alkalmazás legelső lépése az MLContext létrehozása, hiszen ezek után kezdődhet csak el az adatok betöltése, átalakítása, a modell betanítása, az algoritmusok kiválasztása. Tehát az MLContext az egész ML.NET alkalmazás kiindulópontja [27].

```
var mlContext = new MLContext();  
(Az ML.NET dokumentációjából [27] származó kódrészletek)
```

2.8.2 Adatok betöltése

Mint már korábban is említésre került, a gépi tanulás már ismert adatokat dolgoz fel, ezekben keres mintákat, majd az ezekből nyert ismeretek segítségével becsül meg ismeretlen adatokat, információkat. Tehát az ML.NET-nek is szüksége van ezekre az úgynevezett betanító adatokra, amiket fel tud használni a későbbi becslések során.

A bemeneti adatokat, amikben a minták keresése, felismerése történik, Feature-öknek nevezzük, így jelennek meg a kódban. A kimeneti adatok, amelyeknek az előrejelzése gyakorlatilag a programnak a célja, Label-ként szerepelnek a kódban [27].

Az adatok IDataView objektumokba kerülnek betöltésre, amelyek tartalmazhatnak különböző típusú számokat, szövegeket, logikai értékeket, vagy akár vektorokat és számokat tartalmazó tömböket is tölthetünk bele, listákat viszont nem támogat. Az adatok betöltése, amennyiben fájlból történik, lehetséges többek között txt, CSV, TSV és egyéb formátumokból is, viszont élő, valós idejű adatok betöltésére is lehetőség van [27].

```
IDataView trainingData =  
mlContext.Data.LoadFromTextFile<SentimentInput>(dataPath, separatorChar: ',',  
hasHeader: true);
```

Amennyiben már memóriában lévő, változókból, tömbökből származó adatokat szeretnénk betölteni, akkor arra is lehetőségünk van [27].

```
IDataView trainingData =  
mlContext.Data.LoadFromEnumerable<SentimentInput>(inMemoryCollection);
```

2.8.3 Adatok átalakítása

Sok esetben az adatok hiába tartalmaznak rengeteg hasznos és értékes információt, eredeti formájukban, amikben betöltésre kerültek sajnos nem használhatóak, így átalakításokat kell végeznünk rajtuk annak érdekében, hogy a modellünk betanítására fel tudjuk őket használni [27]. A szöveggént tárolt értékek egy részét például számokká kell átalakítanunk, a különböző hosszúságú tömböket pedig ahhoz, hogy összehasonlíthatóak legyenek, elő kell készítenünk olyan módon, hogy egységes elemszámúak legyenek.

Számos lehetőséget kínál a függvénykönyvtár az adatok átalakítására. Az átalakításokat végző metódusok egy részének feltétele az, hogy csak a betanítási adatokra lehet őket meghívni, egyes adatátalakításokhoz viszont nem szükségesek a betanítási adatok, így használhatóak azok nélkül is [28]. A teljesség igénye nélkül néhány, amelyek gyakoribb problémákat oldanak meg:

- ConvertType: A bemeneti oszlop típusát lehet vele átalakítani.

- **MapValueToKey:** A művelet során a bemeneti adatok értékeit egy adott kategóriákhoz (kulcsokhoz) rendeljük, tehát minden kategória egyedi kulcsértékkel fog rendelkezni, amelyek alapján azonosítani tudjuk majd őket.
- **TokenIntoWords:** Egy vagy több darab, szöveget tartalmazó oszlop osztható fel vele szavakra.
- **OneHotEncoding:** Segítségével a kategóriákat különálló, bináris vektorokba kódoljuk, ami lehetővé teszi a szöveges adatok hatékony feldolgozását és elemzését.
- **Concatenate:** Segítségével megoldhatjuk azt a problémát, hogy ha több oszlop adatait egyetlen oszlopba szeretnénk egyesíteni, például szöveges adatok esetén.

Az alábbi kódrészlet az adatok átalakítására mutat egy példát:

```
var dataProcessPipeline =
    mlContext.Transforms.Conversion.ConvertType(nameof(TMDB.TMDBScore),
    nameof(Tmdb.TmdbScore), DataKind.Single)
    .Append(mlContext.Transforms.Conversion.ConvertType("KeywordFloat",
    nameof(Tmdb.Keyword), DataKind.Single))
    .Append(mlContext.Transforms.Conversion.ConvertType("GenreFloat",
    nameof(Tmdb.Genre), DataKind.Single))
    .Append(mlContext.Transforms.Concatenate("Features",
    "KeywordFloat", "GenreFloat"))
    .AppendCacheCheckpoint(mlContext);
```

Ebben az esetben a becsléshez 2 bemeneti adattag kerül felhasználásra, a *Keyword* és a *Genre*, ezek alapján történik meg a *TmdbScore* becslése. Mivel ezeknek az adatoknak a típusa egész szám, ezért átalakításra van szükség: A *DataKind.Single* segítségével az ML.NET által a becslésekhez támogatott lebegőpontos számokká lehet őket alakítani, így jönnek létre a *KeywordFloat* és a *GenreFloat* mezők. Ugyan a *TmdbScore* értékének előrejelzésére irányul a becslés, viszont az adatok betanításához ennek értékeire is szükség van, viszont itt átalakítani nem szükséges, hiszen magának a bemeneti adatnak alából float a típusa.

Az átalakított adatokkal létrejött új mezőket, a *KeywordFloat*-ot és a *GenreFloat*-ot végül egy mezőben, a *Features*-ben egyesítjük, ez fogja a bementi adatokat jelenteni a modell tanításához.

2.8.4 Algoritmus kiválasztása

Miután az adatokat megfelelő formába alakítottuk, kiválaszthatjuk a használni kívánt algoritmust attól függően, hogy mi a programunk célja. Az ML.NET függvénykönyvtárból több mint 30 algoritmus közül választhatunk [27]. Ugyanazon probléma megoldására több algoritmus is alkalmas lehet, így ahhoz, hogy megtaláljuk az adott helyzetben a legjobban működőt, érdemes kipróbálnunk minél többet.

Az ML.NET által támogatott algoritmusok között megtalálhatóak a következő típusú metódusok [29]:

- **Lineáris algoritmusok:** A lineáris algoritmusok egy olyan modellt hoznak létre, amely a bemeneti adatok jellemzőit súlyozva és összegezve számítja ki a kimeneti értéket, ami ebben az esetben egy pontszám. A modell betanítása előtt normalizálni kell a jellemzőket ezen algoritmusok esetében, mivel így megakadályozható, hogy egyes jellemzők jobban befolyásolják a model működését mint a többi [29].
- **Döntési fa algoritmusok:** Általánosságban véve rendkívül pontos eredményeket lehet velük elérni, döntések sorozatát tartalmazzák a kimeneti érték megállapításához. Működésükhöz a többi algoritmushoz viszonyítva nagyobb erőforrást vesznek igénybe. A lineáris algoritmusokhoz viszonyítva nagy különbségük, hogy a jellemzőket nem kell normalizálni [29].
- **Mátrix-faktorizációk:** A collaborative filtering rendszerekhez használatos algoritmusok. [29] A collaborative filtering, vagy magyarul együttműködő szűrő rendszerek egy személynek különböző más személyek, tárgyak, vagy információk iránti vonzalmát jelzik előre annak segítségével, hogy összevetik az adott személynek az érdeklődési körét az emberek többségének érdeklődési körével, így megkapják, hogy az adott személynek mi fog tetszeni az alapján, hogy más, hasonló ízlésű emberek mit kedveltek [30].
- **Meta-algoritmusok:** Ezen algoritmusok segítségével bináris osztályozókból többosztályos osztályozók készíthetők [29].
- **K-közép:** A klaszterezés (beleértve a K-Közép) egy felügyelet nélküli tanítási mód [31] [29].
- **Fő komponens analízis:** Hibakeresésre, anomáliák felderítésére használatos algoritmusok [29].
- **Naiv Bayes osztályozó:** Többosztályos osztályozók esetében érdemes használni ezen algoritmusokat abban az esetben, mikor a jellemzők függetlenek egymástól, illetve kis mennyiségű adat áll rendelkezésünkre a modell betanításához [29].
- **Prior trainer:** A korábbi algoritmusokhoz képest ez egy egyszerűbb osztályozási problémára ad megoldást, hiszen csak bináris osztályozáshoz használhatóak. Sok esetben ilyen típusú algoritmusokat futtatnak először, mivel ez már ad egy viszonyítási értéket. Utána ha futtatunk más, különböző algoritmusokat, akkor azoktól ennél már jobb eredményt várunk el [29].
- **Tartó vektor gépek (Support Vector Machine, röviden SVM):** Felügyelt gépi tanulási algoritmusok, a jellegvektorok terét igyekeznek szeparátor görbék, felületek segítségével szétválasztani (magasabb dimenziós terekben is). Velük

kapcsolatos megoldandó probléma, hogy hogyan lehet őket hatékonyan használni nagyobb adathalmazok esetében [29].

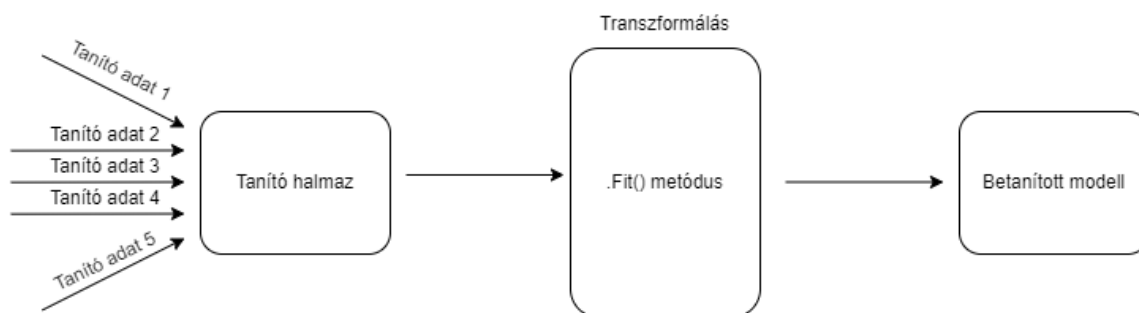
- Legkisebb négyzetek módszere: A lineáris regressziónak ez egyik leggyakrabban használt felhasználási módszere. Veszteségfüggvénnyel méri a modell hibáját, azaz azt, hogy mennyire tér el a modell által előrejelzett érték a ténylegesen megfigyelt értéktől [29].

2.8.5 Modell tanítása

A fentiek közül bármelyik típusú algoritmusból is választunk, ténylegesen csak akkor kerül végrehajtásra, ha meghívjuk a tanító adatok halmazára a `.Fit()` metódust. Ez az a pont ahol a modell tanítása, tehát maga a paraméterbecslés, a modell illesztése és hangolása történik [29].

A modell betanításának folyamatát a 8. ábra szemlélteti. A folyamatban a tanító adatok lesznek a bemeneti adatok, majd a modell tanítása, mint egy transzformátor jelenik meg. A transzformálás után kimenetként a betanított modellt kapjuk, amellyel előrejelzéseket, becsléseket készíthetünk a még ismeretlen adatokra vonatkozóan [29].

```
ITransformer model = pipeline.Fit(trainingData);
```



8. ábra: A modell betanításának a folyamata ML.NET-ben

2.8.6 Modell kiértékelése

A modellünk kiértékelésénél először azt kell figyelembe vennünk, hogy milyen típusú algoritmust használtunk a modell betanításához. Más-más módszerekkel kell kiértékelnünk a bináris osztályozást megvalósító modellt, a többosztályos osztályozást megvalósító modellt, a regressziós modellt, a klaszterezést megvalósító modellt, illetve a rangsorolást, anomáliaészlelést és a mondatok hasonlóságának vizsgálatát megvalósító modelleket is.

A szakdolgozatomban a filmajánlórendszernél többosztályos osztályozási probléma, illetve regressziós osztályozási problémák jelentek meg, így ezek értékelésére térek ki részletesen.

A többosztályos osztályozó esetében az alábbi értékek használhatóak a kiértékelésre [32]:

- Mikro-pontosság: A mikro-pontosságot (vagy többosztályos pontosságot) úgy határozhatjuk meg, hogy a helyesen megjósolt példányokat viszonyítjuk a teljes

adathalmazhoz, tehát ezzel a módszerrel kapunk egy olyan arányszámot, ami a helyesen megjósolt példányok hányadát jelenti [32]. A mikro-pontosság minden esetet egyenlően kezel függetlenül az osztálytól, ezáltal a modell teljes teljesítményének vizsgálatában játszik nagyobb szerepet, hiszen egy egész, átfogó képet kaphatunk vele a modell pontosságáról [33]. A kapott érték minél közelebb van 1-hez, annál jobb, hiszen annál pontosabb a vizsgált modell [32].

- **Makro-pontosság:** A mikro-pontossággal ellentétben a makro-pontosság osztályszinten vizsgálva jelenti az átlagos pontosságot. Tehát az osztályok pontosságait egyenként kiszámítjuk, majd magát a makro-pontosságot ezeknek a kiszámolt pontosságoknak az átlagaként kapjuk meg. Ezáltal a makro-pontosság mérésénél minden osztály, az osztályok gyakoriságának figyelembevétele nélkül egyenlően járul hozzá a végleges pontosság meghatározásához, pl. 20 osztály esetében minden egyes osztály $1/20$ -addal befolyásolja a kapott értéket. A mikro-pontossághoz hasonlóan itt is a kapott érték minél közelebb van 1-hez, annál jobb, hiszen annál pontosabb az aktuálisan vizsgált modell [32].
- **Log-veszteség:** Az osztályozási modell teljesítménye olyan formában mérhető vele, hogy a log-veszteség értéke annál jobban növekszik, minél jobban eltér a megjósolt eredmény a ténylegestől. Tehát minél kisebb a log-veszteség értéke, a modellünk annál pontosabb becslésre képes [32].
- **Log-veszteség csökkentése:** A log-veszteség csökkentésénél a véletlenszerű találgatáshoz viszonyítunk. Tehát a modellünket azzal hasonlítjuk össze, hogy az adott modell mennyivel működik hatékonyabban annál, mintha csak véletlenszerűen megpróbálnánk az értékeket eltalálni. A kapott szám mínusz végtelen és 1 közé kell hogy essen, és minél nagyobb ez a szám, annál hatékonyabb a modellünk. Ha pl. 0,1 a kapott érték, akkor 10%-kal működik jobban a modell a véletlenszerű találgatásnál [32].

A Microsoft ML.NET keretrendszerhez kapcsolódó, a modell kiértékeléséről szóló dokumentációja [32] szerint ha a felsorolt hatékonyságmérési módszerek közül csak egyet lehetne választani, akkor a legtöbb esetben mindenképpen a mikro-pontosságot érdemes.

Az alábbi kódrészlet a mikro-pontosság kiszámítását és kiíratását mutatja be:

```
var predictions = model.Transform(data);  
var metrics = mlContext.MulticlassClassification.Evaluate(predictions);  
Console.WriteLine($"MicroAccuracy: {metrics.MicroAccuracy}");
```

Regressziót használó osztályozók esetében az alábbi módszerek használhatóak a kiértékelésre [32]:

- **R-négyzet:** Annak a mérőszáma, hogy a becsült értékek mennyire egyeznek meg a tesztadatokkal. A kapott érték mínusz végtelen és 1 között lehet. Ezt a

tartományt 3 részre tudjuk osztani: ha 0 és 1 között van az érték, akkor a modell hatékonyabban működik a véletlen találgatásnál, minél nagyobb ez a szám, annál pontosabb. Ha pont 0 az értéke, akkor megegyezik a véletlenszerű találgatással. Mínusz érték esetén pedig rosszabbul működik a betanított modell, mintha egyszerűen véletlenszerűen találgatna.

- Abszolút veszteség: Szintén arra vonatkozó mérőszám, hogy a becült értékek mennyire állnak közel a valóshoz. Minden egyes értékre kiszámításra kerül a hiba mértéke, amely a becült érték és a tényleges közötti abszolút távolság. Végül ezekből az értékekből számolunk egy átlagot, ez lesz a kapott abszolút veszteség. Minél közelebb van a szám a 0-hoz, annál pontosabb a modell.
- Négyzetes eltérés: A regressziós egyenes és a tesztadatok értékkészletének kapcsolatát vizsgálja úgy, hogy a pontok és az egyenes közötti távolságokat négyzetre emeli. A négyzetre emelés miatt a nagyobb távolságok nagyobb súlyt kapnak. A kapott érték minden esetben 0 vagy pozitív, viszont minél közelebb van a 0-hoz, annál jobban működik a modell.
- RMS-veszteség: A négyzetes eltérés négyzetgyöke, ezáltal könnyebben értelmezhetővé teszi a hibamérést. Minél közelebb van a 0-hoz, annál pontosabb a vizsgált modell.

2.8.7 A modell kimentése, használata

Az elkészített modellek kimentésére is lehetőséget kínál az ML.NET keretrendszer. Alap esetben a program minden futáskor új modellt generál az adott, aktuális jellemzők alapján, ez a memóriában kerül tárolásra addig a pontig, ameddig a program fut. Ha az elkészített modellünket a későbbiekben is szeretnénk használni, tesztelni, esetleg más programokban felhasználni, akkor kimenthetjük azt egy .zip kiterjesztésű tömörített fájlba [34].

A modell mentéséhez a Microsoft ML.NET dokumentációja [34] szerint 2 dologra van szükség:

- Az elkészített modell `ITransformer`-re, tehát gyakorlatilag a program azon részére, ahol a modellt betanítottuk a tanító adatokkal

```
var model = trainingPipeline.Fit(data);
```

- Az `ITransformer` várható bemenetének a `DataViewSchema`-ja, tehát a bemeneti adatok sémája

```
var data = mlContext.Data.LoadFromEnumerable(movies, schemaDef);
```

A modell kimentése a fenti változók segítségével:

```
mlContext.Model.Save(trainedModel, data.Schema, "model.zip");
```

(Az ML.NET dokumentációjából [34] származó kódrészlet)

A kimentett modell visszatöltéséhez egy `DataViewSchema` és egy `ITransformer` típusú változóra van szükségünk: [34]

```
DataViewSchema modelSchema;  
ITransformer trainedModel = mlContext.Model.Load("model.zip", out modelSchema);
```

Az `ITransformer` típusú változóba betöltjük a korábban kimentett, modellt tartalmazó zip fájlt, és ezzel gyakorlatilag megkapjuk a modell sémáját is.

2.9 Algoritmusok hatékonyságának összehasonlítása

A szakdolgozatom alapját egy folytonos érték becslése adja, melynek segítségével lehetséges értékelni a filmeket abból a szempontból, hogy mennyire tetszene az adott felhasználónak. Így az ML.NET-ben elérhető, különböző becslő algoritmusokat fogok összehasonlítani hatékonyság szempontjából.

A pontosság mérését a `MovieRecommendationSystem` *MeasureAccuracy* nevű osztályában valósítottam meg. A hatékonyság méréséhez az R^2 mérőszámot fogom használni, és a TMDB pontszám becslését megvalósító *DecTreeForTMDB* osztály kódját alakítottam át az egyes becslési módszerek esetén olyan formába, hogy az adathalmaz minden elemére lefusszon a becslés, és alkalmas legyen a pontosság mérésére.

Az R^2 , mint a pontosság mérésére vonatkozó mérőszám már korábban említésre került, viszont az említett formában csak azt mutatta meg, hogy a betanítás után a modell mennyire pontosan tudja megbecsülni a betanító adatokat. Az adatbázisom 100 elemű, viszont a becslésekhez ennek csak egy részét használtam fel, így létrehoztam egy külön, a modellek R^2 pontosságának mérésére szolgáló metódust annak a problémának a kiküszöbölésére, hogy ne csak azt lehessen megnézni, hogy a tanító adatokon milyen pontossággal működik, hanem azt is hogy az egész adatbázis adataira hogyan működik. A becslések a filmek TMDB pontszámára vonatkoztak, ami minden film esetén ismert az adatbázisban, ezért könnyen össze lehetett őket vetni a becsült értékekkel.

A vizsgálat szempontja tehát a következő volt: A 100 darab film TMDB pontszámának, tehát 1 és 10 közötti lebegőpontos értékek megbecslése egy 20 elemű tanítóhalmaz alapján.

A kapott eredmények R^2 pontosságai a 3. táblázatban láthatóak.

3. táblázat: A különböző algoritmusok mérései során kapott R^2 értékek

	1.	2.	3.	4.	5.
Fast tree	-69,63	-69,63	-69,63	-69,63	-69,63
Fast tree Tuned	0,172	0,128	0,162	0,117	0,184
Sdca	0,07	0,08	0,11	0,098	0,103
Sdca Tuned	0,143	0,145	0,148	0,14	0,152
Lbfgs Poisson R.	-0,17	-0,17	-0,172	-0,17	-0,17
Lbfgs Poisson R. Tuned	-0,190	-1,822	-0,163	-1,586	-0,846
Gam	-69,63	-69,63	-69,63	-69,63	-69,63
Gam tuned	-69,63	-69,63	-69,63	-69,63	-69,63
Online Gradient Descent	-15,32	-11,29	-12,342	-8,227	-14,286
Online Gradient Descent tuned	-5,74	-5,716	-5,08	-4,399	-5,139

Minden algoritmust lefuttattam úgy, hogy a modellt különböző paraméterekkel megpróbáltam finomhangolni, illetve ezen paraméterek nélkül is. A finomhangolás során véletlen számokat generáltam bizonyos tartományokon belül a különböző paraméterekhez. A tartományoknál megpróbáltam figyelembe venni, hogy 20 elemszámú tanító halmazom van, tehát viszonylag kis méretű, és ehhez viszonyítva próbáltam az alsó és felső határokat meghatározni. Mindegyik algoritmusnak a finomhangolt verziójához 200 alkalommal generáltam véletlen számokat minden egyes parameter esetén, ezzel próbáltam megkeresni azokat a parameter értékeket, amelyekkel a leghatékonyabban működik a modell, és az ezekhez tartozó legmagasabb R^2 értékek kerültek a végén megjelenítésre, illetve a táblázatba.

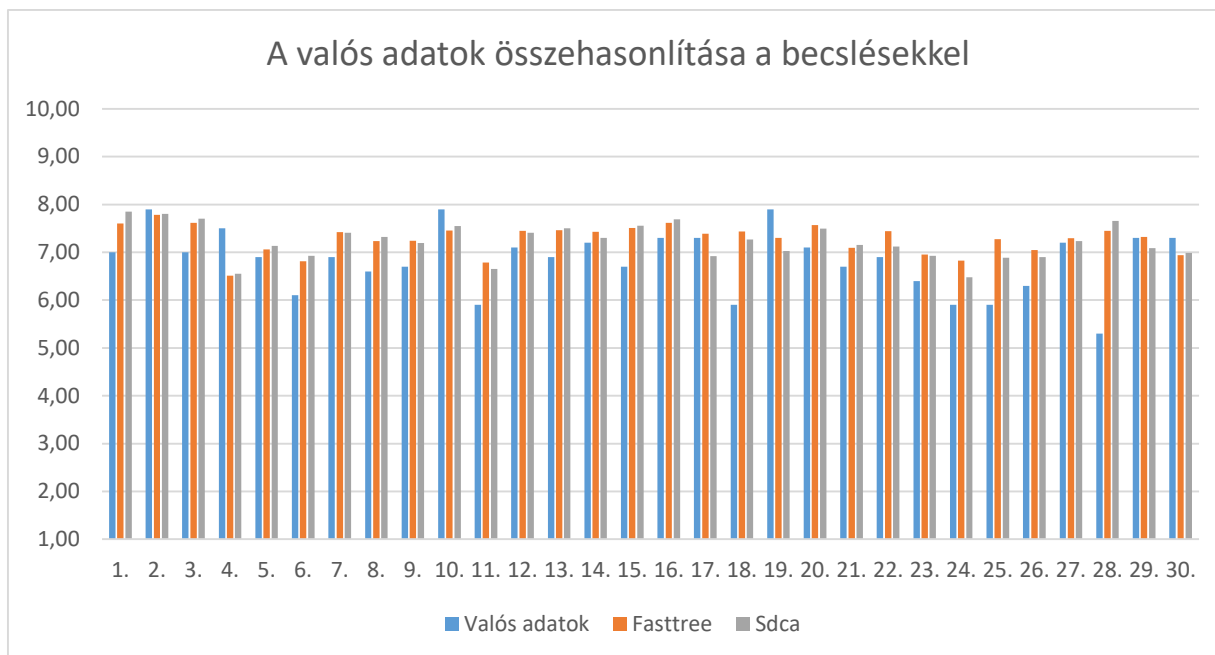
Az R^2 mérőszám értéke mínusz végtelentől 1-ig terjedhet. Minél magasabb az érték, tehát minél közelebb van 1-hez, annál hatékonyabban működik a modell. Ha negatív értéket vesz fel, az azt jelöli, hogy a modell rosszabbul működik mint a véletlen találgatás. Ezen információk ismeretében az alábbi következtetések mondhatóak el a mérések alapján:

Finomhangolás nélkül egyetlen algoritmus tudott jobb eredményt hozni, mint a véletlen találgatás, ez pedig az Sdca volt. Az összes többi algoritmus még rosszabbul teljesített, mint a véletlen találgatás.

Finomhangolással az LbfgsPoissonRegression-ön és a Gam algoritmuson kívül mindegyiken lehetett javítani, és jobb értékeket lehetett elérni, mint finomhangolási paraméterek használata nélkül, viszont csak a Fasttree algoritmus tudott a véletlen találgatásnál jobb értékeket hozni.

Finomhangolás után a Fasttree és az Sdca algoritmusok közel azonos pontosságot hoztak, az 5 darab mérés eredményéből átlagot számítva az Sdca esetén 0,1545-et, a Fasttree esetén 0,1691-et kapunk, tehát az R^2 mérőszámokat figyelembe véve a Fasttree algoritmus működött az összes közül a leghatékonyabban.

A két legjobban működő algoritmus becsléseit oszlopdiagram használatával ábrázoltam a valós adatok mellett (9. ábra).



9. ábra: A Fasttree és Sdca becslései oszlopdiagrammal ábrázolva a valós adatok mellett

Egy 30 filmből álló tartomány értékeit ábrázolja a diagram. Mint az ábra is mutatja, kék színnel vannak ábrázolva a valós adatok, szürke színnel az Sdca algoritmus által becsült adatok, és narancssárga színnel pedig a Fasttree algoritmus által becsült értékek minden egyes film esetén. Az ábrából látszik, hogy az esetek nagy részében mindkét becslés valamivel magasabb értéket becsült, mint a valós adatok. A kiugróan alacsony értékeket nem tudták minden esetben helyesen megbecsülni, ami érthető abból a szempontból, hogy az előrejelzéshez a filmeknek csak a kulcsszavai és műfajai kerültek felhasználásra, azokból pedig nem feltétlenül lehet az összes esetben pontosan következtetni arra, hogy milyen lesz a film fogadtatása, amelyet gyakorlatilag a TMDB pontszám tükröz.

A fenti eredmények alapján kijelenthető, hogy az R^2 mérőszám segítségével mérve az említett problémára a Fasttree algoritmus adta a legpontosabb becsléseket az adott paramétertartományokban megtalált legjobb paraméterértékekkel. Ennek ellenére a lineáris regresszió segítségével végzett vizsgálatnál kiderült, hogy az Sdca által adott becslések lineáris kapcsolatban jobban illeszkednek a valós adatokhoz. Az Sdca algoritmus alapvetően lineáris regressziót használ az eredmények megbecsléséhez [35], így érthető, hogy az eredményeit ábrázoló egyenes meredeksége miatt követi jobban a valós adatokét.

A 2 algoritmus pontossági eredményei rendkívül közel vannak egymáshoz, szóval a tartományok határával való további kísérletezéssel, vagy akár a tanítóhalmaz elemszámának növelésével/csökkentésével változni fog a pontosság, így akár az is, hogy melyik algoritmus teljesít jobban a másikonál.

2.10 Gyakorlás céljából készített becslő algoritmusok hatékonyságának összehasonlítása

A TMDb pontszám becslésére vonatkozó algoritmus annyiban eltér a korábban említett többi becsléstől, hogy ez az algoritmus nem tartalmazza az egész adathalmazra nézve a hatékonyság mérését, mivel erre a *MeasureAccuracy* osztályban kerül majd sor a későbbiekben, ahol a különböző becslési algoritmusok pontosságának az összevetése történik.

A film nyelvére vonatkozó döntési fa hatékonysága, illetve a hatékonyságának mérési módszere a kézzel készített döntési fával összevetve már bemutatásra került. Ugyanezzel a módszerrel került le mérésre a következő 2 becslésnek a hatékonysága is, amely a film rendezőjére, és a főszereplő nemére vonatkozott.

A film rendezőjére vonatkozó döntési fánál a 4. táblázatban szereplő hatékonysági számokat kaptam.

4. táblázat: A film főszereplőjének nemére vonatkozó becslő algoritmus mérési eredményei

Intervallum	"1-20"	"60-80"	Összesen
Helyes	15	18	33
Összesen	20	20	40
Hatékonyság	75,00%	90,00%	82,50%

A mérési adatokból elsőre azt a következtetést szűrhetnénk le, hogy rendkívül pontosan működik az algoritmus, viszont ez valójában nem igaz. A filmek egész adathalmaza eléggé kiegyensúlyozatlan a főszereplők nemét illetően, a tanítóhalmazként szolgáló utolsó 20 film esetében csak 3 filmnél volt a főszereplő neme nő. Ebből adódóan az algoritmus mindkét vizsgált tartományban az összes filmre férfi főszereplőt becsült, és mivel az egész adathalmazt nézve rendkívül kicsi a női főszereplők aránya, ezért ez valóban nagy hatékonysághoz vezetett. A 2 tartomány filmjeit vizsgálva összességében 82,5%-os hatékonysággal tudott működni az algoritmus.

A filmek rendezőjére vonatkozó becslés hatékonyságának mérése során az 5. táblázatban található eredményeket kaptam.

5. táblázat: A film rendezőjére vonatkozó becslő algoritmus mérési eredményei

Intervallum	"1-20"	"60-80"	Összesen
Helyes	0	1	1
Összesen	20	20	40
Hatékonyság	0,00%	0,05%	0,025%

A táblázat alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az algoritmus egyáltalán nem működött jól, hiszen 40 alkalomból csupán 1 alkalommal sikerült eltalálnia helyesen a film rendezőjét. Ennek okai, hogy a film rendezői eléggé változatosak az adathalmazban, kevés az ismétlődő név, illetve az algoritmus eleve csak azokból a nevekből tudott választani, amelyek szerepeltek a 20 elemű mintahalmazban. Ezt a két dolgot figyelembe véve pedig érthető, hogy az algoritmusnak nem sikerült olyan mintákat találnia, amik által helyesen meg lehetett volna becsülni a filmek rendezőinek a nevét.

3. Az implementált program ajánlórendszerének felépítése

Az elkészített programom az ajánlórendszer funkciója mellett több más funkcióval is rendelkezik, mint például az adatbázis filmjeinek beolvasása, megjelenítése, a teljes adatbázis cseréje, új filmek hozzáadása, meglévők törlése, vagy módosítása. Továbbá ahhoz, hogy az adatok olyan formába kerüljenek, amelyekkel hatékonyan lehet dolgozni, a `MovieRecommendationSystem` főprogramba integrált `TableInserts` segédprogramra is szükség van. A programoknak, és az előbbiekben felsorolt funkciók megvalósításának a kódszintű bemutatása a mellékletként csatolt „Programok kódszintű bemutatása” dokumentum „A” és „B” fejezetében találhatóak. Ebben a fejezetben a programnak csak a szakdolgozatom témájának szempontjából a legfontosabb rész, az ajánlórendszer részének felépítése kerül bemutatásra.

3.1 SetPriority osztály

A fő becslés elkészítése előtt a felhasználótól adatokat kell bekérnünk kérdésekre adott válaszok formájában annak érdekében, hogy megismerjük az ízlését a filmekre vonatkozóan. Mivel az emberek számára más és más jellemzők fontosak a filmek esetében is, ezért a kérdések között olyan jellemzőre vonatkozó is előfordulhat, amely az aktuális felhasználó számára kevésbé, vagy egyáltalán nem fontos.

Ennek az esetben az elkerülését azzal előzhetjük meg, hogy a kérdések megjelenítése előtt megkérjük a felhasználót arra, hogy válassza ki a film jellemzői közül a számára fontos jellemzőket, és rangsorolja őket prioritás szerint. A *SetPriority* grafikus osztály ezt a feladatot valósítja meg.

Az osztály működésének koncepciója, hogy létrehozunk 2 *PriorityListItem* típusú listát. A *PriorityListItem* osztályban a *ToString()* metódust felülírjuk annak érdekében, hogy ha később hivatkozunk egy *PriorityListItem* lista egy-egy elemére, akkor a *Title* tulajdonsága alapján beazonosítható legyen.

A *PriorityList* osztály a következőképpen néz ki:

```
internal class PriorityListItem
{
    public int Id { get; set; }
    public string Title { get; set; }
    public int Priority { get; set; }
    public override string ToString()
    {
        return Title;
    }
}
```

Létrehozunk egy felsorolást is a választható tulajdonságokkal, amit majd később a kérdéseknél is használni fogunk annak érdekében, hogy össze lehessen kapcsolni a kiválasztott és prioritási sorrendbe tett jellemzőket az ahhoz kapcsolódó kérdésekkel, mégpedig úgy, hogy a kérdéseknek is lesz olyan adattagja, amelyet beállítunk arra az enum értékre, amely jellemzőhöz kapcsolódik a kérdés.

A 2 létrehozott lista az *originalList* és a *selectedList*. A *selectedList* üresen marad, az *originalList*-et pedig feltöltjük a következő módon:

- Az *Id* adattagok az enum elemei lesznek int típusra alakítva,
- A *Title* az adott jellemző nevét jelöli,
- A *Priority* érték mindenhol 0 értéket vesz fel, hiszen a prioritás ebben a listában még lényegtelen.

Az osztályhoz tartozó ablak képernyőtervét a 10. ábra szemlélteti.

10. ábra: A Prioritásválasztó ablak képernyőterve

A bal oldali listbox-ban található az *originalList* lista tartalma, ezekből a jellemzőkből válogathatja ki a felhasználó a számára fontos jellemzőket. A jobb oldali listbox a *selectedList* elemeit tartalmazza, tehát kezdetben üres.

Az *originalList*-ből a „>” és a „>>” gombokkal lehet a kiválasztott jellemzőt/jellemzőket átmozgatni a *selectedList*-be, visszafelé pedig a „<” és „<<” gombokkal attól függően, hogy csak 1 darab jellemzőt szeretnénk átmozgatni, vagy az összeset. Egy jellemző egyszerre csak egy listában lehet jelen, tehát átmozgatás után mind a két listához tartozó listbox-ot frissíteni kell, hogy az egyik helyen eltűnjön, a másik helyen pedig megjelenjen az átmozgatott tulajdonság.

A „Move Up” és „Move Down” gombokkal a jobb oldali listbox tartalmát tudjuk módosítani miután kerültek bele elemek. Ezekkel a gombokkal mozgathatjuk felfelé és lefelé a kiválasztott jellemzőt, tehát a prioritási értékét módosíthatjuk. A legfelül lévő elem rendelkezik a legnagyobb prioritással (minél kisebb a prioritási szám, annál nagyobb prioritással vesszük az adott jellemzőre adott választ), a legalján lévő elem pedig a legkisebbel.

A „>” gomb algoritmus a következő:

```

private void MoveSelectedItem()
{
    if (listBoxOriginal.SelectedItem != null)
    {
        PriorityListItem selectedItem =
(PriorityListItem)listBoxOriginal.SelectedItem;
originalList.Remove(selectedItem);
selectedList.Add(selectedItem);
RefreshListBoxes();
    }
}

```

A többi elemmozgatásra használt gomb algoritmusai is ezen a logikán alapul. Ezeknek az algoritmusoknak a végén megjelenik a *RefreshListBoxes* metódus hívása, amely a 2 listbox adatforrását először kinullázza, majd újból beállítja a 2 listára annak érdekében, hogy a listboxok a listák naprakész állapotát tudják megjeleníteni. Ennek a metódusnak a végén az *UpdatePriorities* is megjelenik:

```

/// <summary>
/// Módosítások után az elemek prioritásainak frissítése a sorrend alapján
/// </summary>
private void UpdatePriorities()
{
    for (int i = 0; i < selectedList.Count; i++)
    {
        selectedList[i].Priority = i;
    }
}

```

A „Move Up” és a „Move Down” gombok a következő logika szerint működnek, jelen esetben a felfelé mozgatást bemutatva: Először eltároljuk a kiválasztott elem indexét, majd ellenőrizzük, hogy ez az index nagyobb-e, mint 0. Ha az elem nem a lista tetején található (index nem 0), akkor átmenetileg eltároljuk az elemet, amit mozgatni szeretnénk, majd töröljük a listából az eredeti helyéről. Ezt követően eggyel kisebb indexű pozícióba illesztjük vissza az elemet, így a listában eggyel feljebb kerül. Miután elvégeztük a módosítást, frissítjük a listboxokat, és visszaállítjuk a kijelölést az új helyen lévő elemre, hogy az továbbra is ki legyen jelölve.

```

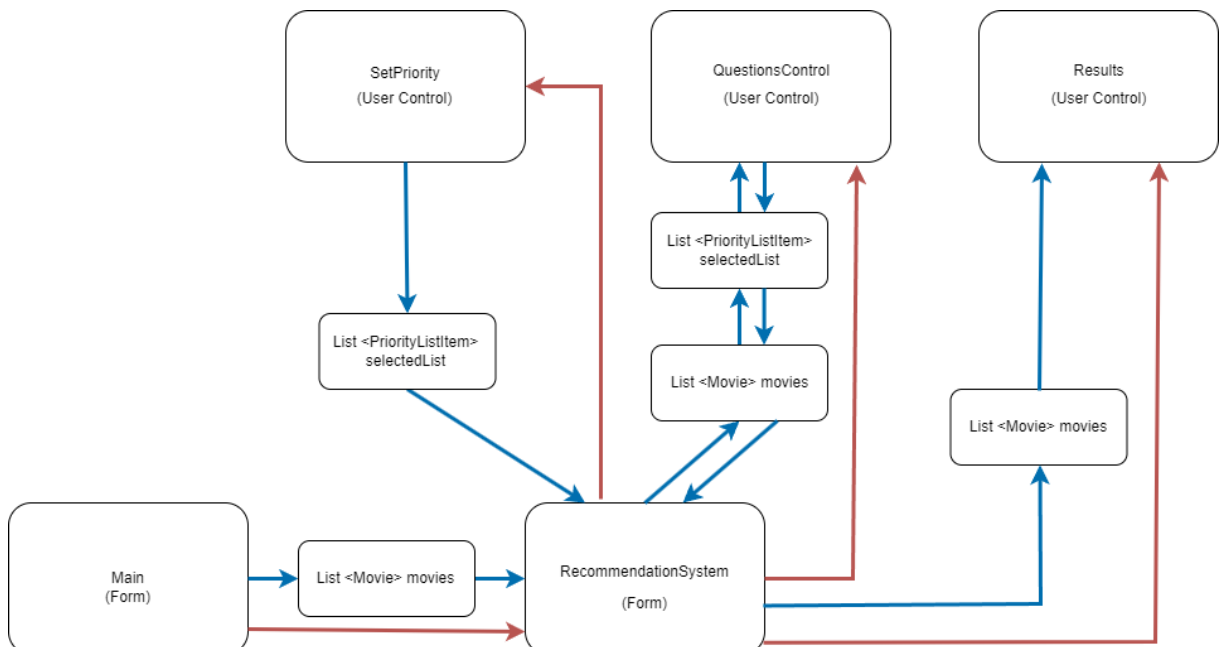
/// <summary>
/// A kiválasztott elem felfelé mozgatása a listboxban a magasabb prioritás
érdekében
/// </summary>
private void MoveUp()
{
    int selectedIndex = listBoxSelected.SelectedIndex;
    if (selectedIndex > 0)
    {
        var item = selectedList[selectedIndex];
        selectedList.RemoveAt(selectedIndex);
        selectedList.Insert(selectedIndex - 1, item);
        RefreshListBoxes();
        listBoxSelected.SelectedIndex = selectedIndex - 1;
    }
}

```

3.2 QuestionsControl osztály

A különböző jellemzők prioritásának felmérése után az ablak jobb alsó sarkában elhelyezett „Next” gombra kattintva a felhasználó tovább léphet a kérdésekre. A kérdések megjelenítése, és a rájuk adott válaszok kezelése a *QuestionsControl* elnevezésű osztályban valósul meg. A *SetPriority* és a *QuestionsControl*, majd később a *Results* osztályok szorosan összekapcsolódnak, külön-külön egyiküknek sincs értelme, ezért UserControl-ként kerültek létrehozásra annak érdekében hogy a tartalmukat ugyanabban a Form ablakban lehessen megjeleníteni. Ez az ablak, és egyben osztály a *RecommendationSystem*, ebben van megvalósítva az, hogy alapértelmezetten a *SetPriority* osztály grafikus felületének tartalma töltődjön be, majd a „Next” gomb megnyomására eseménykezelő használatával a *SetPriority* helyett megjelenítjük a *QuestionsControl* osztály grafikus tartalmát, végül pedig az utolsó kérdés feltétele után a „Finish” gombot, amely megnyomására megjelenik a *Results* osztály tartalma az ajánlott filmekkel együtt.

Az osztálynak szüksége van a *SetPriority* osztályban beállított prioritást tartalmazó listára, hiszen a kérdéseket ez alapján tesszük fel, illetve a *Main* osztály movies listájára is, ami a filmek adatait tartalmazza, hiszen azokból alakítjuk ki a tanítóhalmazt, amelynek adatait felhasználjuk a kérdésekhez tartozó válaszlehetőségeknél. Továbbá a kérdésekre adott válaszokkal alakítjuk ki a tanítóhalmaz pontszámait, amik felhasználásával tudja majd a program megbecsülni ezt a pontszámot a teljes adathalmaz filmjeire, a legmagasabb pontszámokat kapott filmeket pedig megjeleníteni a felhasználó számára, mint ajánlott filmek.



11. ábra: A *RecommendationSystem* Form-ba betöltött *User Control*ok kapcsolata

A 11. ábra megmutatja, hogy melyik osztály grafikus felülete honnan kerül megjelenítésre, illetve milyen listák kerülnek köztük átadásra, és honnan. Az objektumok átadását a kék nyilak jelölik, a megjelenítést a vörös színű nyilak.

3.2.1 Kérdések kialakítása

Mint már említésre került, a *QuestionsControl*-ban kerülnek létrehozásra a kérdések, ezek köré, illetve ezen kérdésekre adott válaszok köré épül az egész osztály. A kérdésekhez létrehozásra került egy *Question* osztály, amelynek két adattagja van, a string típusú *Title*, amiben a kérdéseknek a szövege kerül tárolásra, illetve a *Type*, amiben a *SetPriority*-ben is már használt *Features* enum típus megfelelő értékét fogjuk int típusra alakítva eltárolni, tehát gyakorlatilag ezzel azonosítjuk, hogy az adott kérdés a filmek melyik jellemzőjére vonatkozik, és ezzel kapcsoljuk őket össze a prioritási listában kiválasztott elemekkel.

```
/// <summary>
/// Osztály létrehozása a kérdésekhez
/// </summary>
internal class Question
{
    public string Title { get; set; }
    public int Type { get; set; }
}
```

A *QuestionsControl* osztályban létrehozásra került a fenti osztály felhasználásával egy *Question* típusú *questionsList* lista, a *CreateQuestions* metódusban ezt a listát töltjük fel kérdésenként, minden egyes kérdés szövegének és típusának megadása után.

Összesen 12 darab jellemző közül választhat a felhasználó a *SetPriority* képernyőn, tehát kérdésekből is 12 darab van összesen.

A kérdéseket a válaszlehetőségek szerint alapvetően 3 típusra lehet osztani:

- igaz/hamis, a megfelelő checkbox kiválasztásával,
- a felhasználó kedvenc dolgainak kiválasztása a listából checkboxokkal, akár egyszerre többet is,
- érték/tartomány beállítása csúszkák (Trackbar) segítségével,

```
/// <summary>
/// A kérdések összeállítása
/// </summary>
public void CreateQuestions()
{
    Question temp = new Question
    {
        Title = "What is the lowest TMDB score below which you will not watch a movie?\n\nPlease set the value with the slider, or write it into the box!",
        Type = (int)Features.TmdbScore
    };
    questionsList.Add(temp);
    temp = new Question
    {
        Title = "Which languages do you prefer in a movie?\n\nPlease select the languages with the checkboxes!",
        Type = (int)Features.Language
    };
}
```



```

        questionsList.Add(temp);

        temp = new Question
        {
            Title = "Does it important for you to be the movie a  
blockbuster?\n\nGive your answer by selecting the appropriate checkbox!",
            Type = (int)Features.Blockbuster
        };
        questionsList.Add(temp);
    }
}

```

A kérdések összeállítása után a megjelenítésükről a *LoadQuestion* metódus gondoskodik. A *SetPriority* osztályból megkapott, a felhasználó által kiválasztott jellemzőket prioritási sorrendben tartalmazó prioritási listán végigmegy, és mivel a prioritási lista tagjainak *Id*-ja és a kérdések *Type* adattagja is egyaránt a *Features* enum megfelelő értékeit kapták meg, ezért egyezést keresve könnyen hozzárendelhető a prioritási lista egyes elemeihez a megfelelő kérdés. A prioritási listában való lépkedést az *int* típusú *currentIndex* osztályszintű változóval oldjuk meg, amelyet csak a „Next” gomb megnyomásakor, tehát a következő kérdésre történő továbblépéskor növelünk meg.

```

/// <summary>
/// A kérdések megjelenítése a beállított prioritási lista segítségével
/// </summary>
public void LoadQuestion()
{
    for (int i = 0; i < questionsList.Count; i++)
    {
        if (receivedPriorityList[currentIndex].Id == questionsList[i].Type)
        {
            labelQuestion.Text = questionsList[i].Title;
        }
    }
}

```

3.2.2 Tanítóhalmaz kialakítása, feltöltése

Ahhoz, hogy az összes filmet tartalmazó halmaztól el lehessen különíteni a tanítóhalmazt, egy olyan lista létrehozására van szükség, amely csak a tanítóhalmaz filmjeit és azok adatait tartalmazza. Ahhoz, hogy a tanítóhalmazra is meg lehessen valósítani egy hasonló becslést, mint a TMDb pontszámánál, az egyes filmeknek tartalmazniuk kell a korábban az *Algorithms* osztályban feltöltött *PropertiesForDecTree* típusú *properties*-nek azon adattagjait, amelyek az adott filmek esetében az egyes, több értéket is felvehető jellemzőkhöz tartozó egyforma hosszúságú, 1 és 0 értékeket tartalmazó tömböket tartalmazza, hiszen az ML.NET ilyen formában tudja ezeket az adatokat kezelni.

Mivel ezáltal a tanítóhalmaz filmjeinek adattagjai el fognak térni az eredeti *Movie* típusú *movies* listáétól, így egy külön osztály került létrehozásra, ami a *LearningMovie* nevet kapta. A *Movie* osztályhoz hasonlóan tartalmazza a filmek azon egyszerű

tulajdonságait tároló adattagokat, amelyeket majd a becsléshez fogunk használni, ezek a *Released*-től kezdve a *Score*-ig megjelenő adattagok. De a *Movie* osztállyal ellentétben a több értéket is felvehető tulajdonságokhoz, tehát a *properties* adatainak tárolásához is tartalmaz tömböket (*Genre*-től a *ProductionCountry*-ig). Ezek mellett szöveges formában is el vannak tárolva filmenként ezek az adatok (*GenreString*-től *CountryString*-ig), hiszen ezen adatokkal vetjük majd össze a felhasználó válaszait, amik alapján pedig majd eldöntjük, hogy igaz-e az adott válasz az adott filmre, tehát növeljük-e a pontszámát, vagy sem. Viszont a későbbiekben a becsléshez ezek az adatok nem használhatóak, ezért ebből a célból el kell tárolni a tömbökben a *properties*-nek az adott filmhez tartozó tömbjeit is a becsléshez.

```

/// <summary>
/// A tanítóhalmaz filmjeihez létrehozott típus
/// </summary>
public class LearningMovie
{
    public int Released { get; set; }
    public int Runtime { get; set; }
    public int GenderOfProtagonist { get; set; }
    public string MainActor { get; set; }
    public double TMDBScore { get; set; }
    public bool IsPopular { get; set; }
    public bool Blockbuster { get; set; }

    public double Score { get; set; }

    public int[] Genre { get; set; }
    public int[] Keyword { get; set; }
    public int[] Director { get; set; }
    public int[] Language { get; set; }
    public int[] ProductionCountry { get; set; }

    public List<string> GenreString { get; set; }
    public List<string> KeywordString { get; set; }
    public List<string> LanguageString { get; set; }
    public List<string> DirectorString { get; set; }
    public List<string> CountryString { get; set; }
}

```

A tanítóhalmaz feltöltését a *CreateLearningData* metódus végzi, és a bemutatott *LearningMovie* típus használatával létrehozott *learningMovies* listában kerülnek ezek a filmek eltárolásra. A tanítóhalmaz kialakítása véletlenszerűen történik a *movies* listából, méghozzá olyan formában, hogy mindig 30 elemű, viszont a kezdő és végpontja változik (figyelembe véve azt, hogy ne fusson ki a *movies* lista tartományából), ezért minden egyes futtatásnál más és más filmek kerülnek bele ebbe a tartományba. Ezután for ciklussal végigmegyünk a generált 30 elemes tartományon, és 30 darab *LearningMovie* típusú filmet hozunk létre, amelyekhez a fentebb tárgyalt adattagokat a *movies* listából, illetve a tömbök esetén *properties*-ből adjuk meg.

```

/// <summary>
/// A véletlenszerű tanítóhalmaz kialakítása
/// </summary>

```

```

public void CreateLearningData()
{
    Random rndm = new Random();
    int startIndex = rndm.Next(0, movies.Count - 30);
    int endIndex = startIndex + 30;
    for (int i = startIndex; i < endIndex; i++)
    {
        LearningMovie newMovie = new LearningMovie();

        newMovie.Released = movies[i].Released;
        newMovie.Runtime = movies[i].Runtime;
        newMovie.GenderOfProtagonist = movies[i].GenderOfProtagonist;
        newMovie.Genre = properties.GenreContains[i];
        newMovie.GenreString = movies[i].GenreString;
        FillupFeaturesForCheckbox(featuresForCheckbox.Genre,
movies[i].GenreString);

        .
        .
        .

        newMovie.TMDBScore = movies[i].TmdbScore;
        newMovie.IsPopular = movies[i].IsPopular;
        newMovie.Blockbuster = movies[i].IsBlockbuster;
        learningMovies.Add(newMovie);
    }
}

```

A tanítóhalmaz feltöltése során feltöltésre kerül a *featuresForCheckbox* is, amely a *FeaturesForCheckbox* osztály példányosítása. Az osztály string típusú lista adattagokat tartalmaz azokhoz a kérdésekhez, aminél a tanítóhalmaz filmjeinek tulajdonságaiból választhat a felhasználó az adott kérdésre. A különböző adattagokat a *FillupFeaturesForCheckbox* metódus tölti fel a tanítóhalmaz kialakítását végző metódusban, mivel mikor a tanítóhalmaz aktuális eleméhez az összetett jellemzők adatait szövegesen is hozzárendeljük, akkor ezeket paraméterként a *FillupFeaturesForCheckbox*-nak is megadjuk, amely a *featuresForCheckbox* megfelelő adattagjait feltölti velük, de csak azon elemeivel, amelyek még nem szerepelnek a listában.

```

/// <summary>
/// Adattagok, amelyekben filmeknek a válaszlehetőségként szolgáló adatai
tárolódnak
/// </summary>
internal class FeaturesForCheckbox
{
    public List<string> MainActor { get; set; }
    public List<string> Genre { get; set; }
    public List<string> Keyword { get; set; }
    public List<string> Language { get; set; }
    public List<string> Director { get; set; }
    public List<string> Country { get; set; }
}

```

3.2.3 A kérdések összekapcsolása a jellemzőkkel, és a válaszokkal

A programnak ezen a pontján a kérdések ugyan már megjeleníthetők a prioritási lista tartalmának felhasználásával, és a válaszlehetőségek kiválasztásához szolgáló

checkboxlistbox feltöltéséhez szükséges listák is tartalmazzák már a filmek jellemzőit, de a megjelenített kérdéseket még össze kell kötni a megjelenítendő válaszlehetőségekkel. Mint korábban említésre került, a kérdéseknek a rájuk való válaszolás szempontjából 3 típusa van. Azon kérdéseknél, ahol a felhasználó a kedvenc dolgait választja ki a listából checkboxokkal, illetve az értéket/tartományt beállító csúszkák esetében is minden egyes kérdéshez tartozik egy algoritmus, mivel ezeknél szükség van arra, hogy a válaszlehetőségeket a kérdésekhez igazítsuk. Az igaz/hamis kérdéseknél minden esetben ugyanazt a metódust, a *QuestionTrueOrFalse*-t hívjuk meg, hiszen itt a válaszlehetőségeknek nem kell igazodni a kérdésekhez.

Ezeket a különböző metódusokat mindhárom kérdéstípus esetén a *LoadAnswers* metódus hívja meg egy switch case szerkezettel, amely a *currentIndex* aktuális értékét használja fel indexként a prioritási listában, amit pedig csak a következő kérdésre lépéskor növelünk.

A *Genre*, *Released* és *Blockbuster* 3 különböző típusú jellemző a válaszolás szempontjából, így a következőkben vegyük azt a példát, hogy a felhasználó ezt a 3 jellemzőt választotta ki a korábban bemutatott prioritásválasztási képernyőn a felsorolt prioritási sorrendben. Ez esetben a korábban már bemutatott prioritásválasztó képernyő állapotát a 12. ábra szemlélteti.

12. ábra: A prioritásválasztó képernyő állapota egy adott példára

3.2.4 A checkboxokat használó, és több válaszopciót is elfogadó kérdések kezelése

A „Next” gomb megnyomására *SetPriority* osztályból áttérünk a *QuestionsControl* osztályba, ahol az ablak megnyitásakor rögtön lefutó *QuestionsControl_Load* metódus fog lefutni először. Ebben a metódusban legelőször is a filmek pontszámait lenullázzuk a *SetScore* metódussal az eredeti movies listában is, illetve a *learningMovies* listában is, hogy ha esetleg a program futásakor egymás után többször is lefuttatnánk a filmajánlót,

akkor ne zavarjanak be a becslésbe az előző futáskor kialakított pontszámok. Ebben a metódusban hívjuk meg az eddig bemutatott metódusokat, amelyek a kérdések és válaszlehetőségek megjelenítésének előkészítéséhez voltak szükségesek, illetve betöltjük az első kérdést, amely ez esetben a *Genres* jellemzőhöz kapcsolódó kérdés lesz, és a hozzá tartozó válaszlehetőségek.

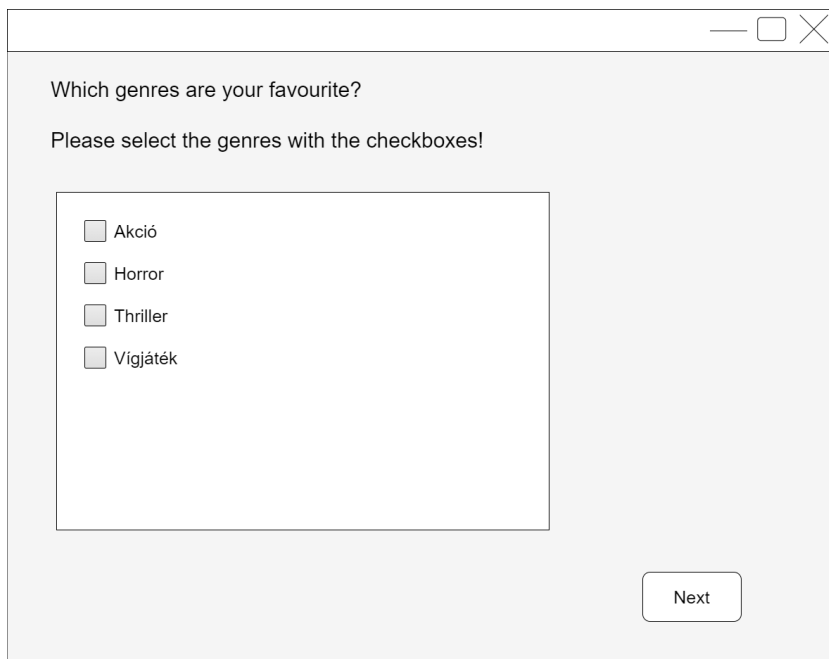
```
private void QuestionsControl_Load(object sender, EventArgs e)
{
    SetScore();
    InitFeaturesForCheckbox();
    CreateLearningData();
    CreateQuestions();
    LoadQuestion();
    LoadAnswers(receivedPriorityList[currentIndex].Id);

    if (receivedPriorityList.Count == 1)
    {
        buttonNext.Visible = false;
        buttonFinish.Visible = true;
    }
}
```

A *Genres* esetében a *LoadAnswers* a következő metódust fogja meghívni, hiszen a *LoadAnswers*-ben a switch case szerkezetben a *Genres* eset mellé ez a metódus lett beállítva.

```
/// <summary>
/// A felhasználó kedvenc dolgainak kiválasztása kérdéstípus esetében a
/// műfajokhoz kapcsolódó válaszlehetőségek betöltése
/// </summary>
public void GenreQuestion()
{
    checkedListBox.Items.Clear();
    for (int i = 0; i < featuresForCheckbox.Genre.Count; i++)
    {
        checkedListBox.Items.Add(featuresForCheckbox.Genre[i]);
    }
}
```

A *QuestionsControl_Load* lefutása után a 13. ábrán látható módon fog kinézni a képernyő.



13. ábra: A példánkban az első kérdés betöltése után megjelenő képernyő terve

A felhasználó a kedvenc műfajainak kiválasztása után megnyomja a „Next” gombot a következő kérdésre lépéshez. Ekkor a „Next” gomb megnyomásához rendelt metódus fut le:

```

/// <summary>
/// A Next gomb megnyomásakor lefutó metódus
/// </summary>
/// <param name="sender"></param>
/// <param name="e"></param>
private void buttonNext_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (currentIndex < receivedPriorityList.Count - 1)
    {
        UpdateScore();
        currentIndex++;
        if (trackBarMin.Visible == true || trackBarMax.Visible == true)
        {
            trackBarMin.Visible = false;
            trackBarMax.Visible = false;
            textBoxTrackbarMin.Visible = false;
            textBoxTrackbarMax.Visible = false;
            checkedListBox.Visible = true;
            labelSliderMinMin.Visible = false;
            labelSliderMinMax.Visible = false;
            labelSliderMaxMin.Visible = false;
            labelSliderMaxMax.Visible = false;
        }
        if (textBoxSearch.Visible == true)
        {
            textBoxSearch.Visible = false;
            labelSearch.Visible = false;
            buttonClear.Visible = false;
        }
        if (trueOrFalse)
    }
}

```

```

        {
            trueOrFalse = false;
        }
        LoadQuestion();
        LoadAnswers(receivedPriorityList[currentIndex].Id);

        if (currentIndex == receivedPriorityList.Count - 1)
        {
            buttonNext.Visible = false;
            buttonFinish.Visible = true;
        }
    }
}

```

A metódus először megvizsgálja a *QuestionsControl_Load*-hoz hasonlóan, hogy biztosan nem-e az utolsó kérdéstről van szó. Ha igen, akkor a „Next” gomb eltűnik, és megjelenik helyette a „Finish”. Ellenben ha nem az utolsó, akkor meghívja az *UpdateScore* metódust, amely a pontszámok kialakításának az alapját adja. A lefutása után megnöveli a *currentIndex* értékét eggyel, és leellenőrizni, hogy láthatóak-e a csúszkák (trackbarok). Mivel a checkboxos kérdések vannak többségben, így a ritkábbik eset az, hogy a csúszkákat használjuk, ezért az alapértelmezett az, hogy nem láthatóak, csak az érintett kérdésekhez tartozó metódusokban tesszük őket láthatóvá és minden alkalommal eltüntetjük őket és a hozzájuk tartozó elemeket, ha a következő kérdésre ugrunk.

A *Genre* jellemzőhöz hasonló, checkboxos, több választ is kiválasztható kérdések közül a Keyword volt az egyetlen, amely egy keresőt is kapott, mivel a válaszopciók olyan hosszú listát alkottak már 30 film esetén is, hogy kereső volt szükséges hozzá a gyorsabb kereshetőség érdekében.

Hasonló okok miatt, mint a csúszkákat, a keresőt és hozzá tartozó grafikus elemek láthatóságát is le kell ellenőrizni minden kérdésre való továbblépéskor, és eltüntetni, amennyiben láthatóak.

A megkülönböztetés miatt az igaz/hamis kérdések kezeléséhez is bevezetésre került egy logikai típusú, osztály szintű változó, amelyet az érintett kérdések metódusánál igazra változtatunk, a következő lépésre tovább lépéskor pedig hamisra.

```

/// <summary>
/// A pontszámok frissítését végző metódus, amely a Next gomb megnyomására fut le
/// </summary>
public void UpdateScore()
{
    if (receivedPriorityList[currentIndex].Id ==
(int)Features.GenderOfProtagonist)
    {
        string temp = "";
        if (checkedListBox.CheckedItems[0].ToString().Contains("True"))
        {
            temp = "1";
        }
        else
        {
            temp = "2";
        }
    }
}

```

```

    }
    selectedFromCheckbox.Add(temp);
}
else
{
    for (int i = 0; i < checkedListBox.CheckedItems.Count; i++)
    {
        selectedFromCheckbox.Add(checkedListBox.CheckedItems[i].ToString());
    }
}
double score = (receivedPriorityList.Count -
receivedPriorityList[currentIndex].Priority) * 0.1;

switch (receivedPriorityList[currentIndex].Id)
{
    case (int)Features.Genre:
        ModifyScore(learningMovies => learningMovies.GenreString, score);
        break;
    case (int)Features.Language:
        ModifyScore(learningMovies => learningMovies.LanguageString, score);
        break;
    case (int)Features.Blockbuster:
        ModifyScoreForTrueOrFalse(learningMovies => learningMovies.Blockbuster,
score);
        break;
    .
    .
    .
}

```

A metódus elején megvizsgáljuk, hogy esetleg nem-e a *GenderOfProtagonist* jellemzőről van szó, mivel ott 1 vagy 2 értékekre kell átváltanunk az igaz/hamis értékeket, hiszen 1-esekkel és 2-esekkel vannak ezek az adatok eltárolva az adatbázisban. Miután az átalakítás megtörtént a többi igaz/hamis válaszos kérdéssel megegyezően tudunk eljárni.

Ha nem a *GenderOfProtagonist* jellemzőről van szó, akkor a string típusú osztályszintű *selectedFromCheckbox* listában eltároljuk a checkboxokkal kiválasztott elemeket. Ezután kiszámítjuk a pontszámot, amelyekkel aktuálisan meg fogjuk növelni azoknak a filmeknek a pontszámát, amelyekre igazak jelen esetben a kiválasztott műfajok. A pontszám kialakítása súlyozással történik a prioritási lista elemeinek prioritási sorrendje segítségével. Ehhez a következő képletet használtam: $(a - b) * 0,1$, ahol "a" a prioritási lista elemszáma, tehát gyakorlatilag hogy hány db kérdést teszünk fel a felhasználónak, "b" pedig az aktuális kérdés prioritási értéke. (A prioritási listában a legfelső elem, tehát a legfontosabb elem prioritási értéke 0, tehát ez esetben lesz a legmagasabb az a pontszám, amivel növeljük a feltételt teljesítő filmek pontszámát.)

A pontszámok kialakítása után egy switch case szerkezet segítségével meghívjuk a *ModifyScore* metódusok különböző verziói közül a megfelelőt a kérdéstípustól függően, és paraméterként átadjuk neki a *learningMovies* listát, illetve a listának a filmek azon jellemzőjéhez tartozó adattagját, amelyben keressük a megadott válaszokkal való egyezéseket, továbbá átadjuk még a kiszámított pontszámot is.

A *ModifyScore* különböző verziói a következők:

- *ModifyScore*: az összetett jellemzőkhöz, amik több értéket is felvehetnek, mint pl. a *Keyword*, *Genre*,
- *ModifyScoreSingle*: az olyan jellemzőkhöz, amely minden film esetén csak 1 szöveges értéket vehet fel, pl. a film főszereplője,
- *ModifyScoreForTrueOrFalse*: az igaz/hamis értéket felvehető jellemzőkhöz, pl. *Blockbuster*, *GenderOfProtagonist*,
- *ModifyScoreForTrackbar*: az olyan jellemzőkhöz, amelyekhez kapcsolódó kérdésekre csúszkával kell válaszolni.

A metódusok között csak a bemeneti adatokban, és ez által azok kezelésében van eltérés, ettől eltekintve mind a négy metódus logikája ugyanaz: A megadott válaszokat összehasonlítja az összes film aktuálisan vizsgált jellemzőivel, ahol pedig egyezést talál, ott megnöveli az adott film pontszámát az aktuálisan kiszámolttal.

```

/// <summary>
/// Az adott válaszokkal összehasonlítjuk a filmek adott tulajdonságát, a
/// pontszámukat pedig egyezés esetén megnöveljük
/// </summary>
/// <param name="featureSelector">a learningMovies lista kiválasztott adattagja,
/// amelyben aktuálisan keresni fogunk</param>
/// <param name="score">az UpdateScore metódusban kiszámolt pontszám, amellyel az
/// egyező filmek értékeit növeljük</param>
public void ModifyScore(Func<LearningMovie, List<string>> featureSelector, double
score)
{
    for (int i = 0; i < selectedFromCheckbox.Count; i++)
    {
        for (int j = 0; j < learningMovies.Count; j++)
        {
            if
(featureSelector(learningMovies[j]).Contains(selectedFromCheckbox[i]))
            {
                learningMovies[j].Score += score;
            }
        }
    }
}

```

A metódus lefutásával az első kérdésre adott válaszok alapján frissítve lettek a filmek pontszámai a tanítóhalmazban. A *buttonNext_Click* metódus többi, korábban már bemutatott részének lefutása után továbbléphetünk a következő jellemzőhöz, és egyben kérdéshez, ami esetünkben a *Released* lesz.

3.2.5 A csúszkákat használó kérdések kezelése

A *Released* jellemzőhöz kapcsolódó kérdés egy olyan típusú kérdés, amelyre csúszkák segítségével kell a felhasználónak válaszolni. 2 darab csúszka használata is szükséges hozzá, hiszen a felhasználó egy tartományt tud beállítani velük.

Az előző kérdésnél a „Next” gomb megnyomásánál a *buttonNext_Click*-ben lefutnak újra a *LoadQuestion* és a *LoadAnswers* metódusok, hiszen ezek meghívására minden egyes kérdés esetében szükség van. Ezáltal a 14. ábrán látható képernyő kerül megjelenítésre.

What is the range of years you want to watch movies?

Please set the minimum and maximum values with the sliders, or write them into the boxes!

1950 2024

1950 2024

1996 2016

Next

14. ábra: A példánkban az második kérdés betöltése után megjelenő képernyő terve

Működését tekintve az értékeket a csúszkákkal tudja beállítani a felhasználó. A csúszka elején és végén címkék jelzik a beállítható minimum és maximum értékeket. A felső csúszka a minimum érték beállításáért felelős, az alsó pedig a maximum értékért. Az alattuk elhelyezett textboxok szinkronizálva vannak a csúszkákkal, tehát ahogyan a felhasználó mozgatja a csúszkát, közben láthatja az aktuális értékét is, mivel a trackbar *ValueChanged* eseménykezelője frissíti a textbox tartalmát a trackbar tartalmának változásakor. A metódusok ellenőrzik, hogy a minimum értéket beállító trackbar értéke ne lehessen nagyobb, mint a maximum értéket beállító értéke, és fordítva.

Amennyiben a felhasználó nem csúszkával szeretné beállítani az értéket, hanem számokkal beírni, akkor az is megvalósítható, ekkor egy enter lenyomása esetén, vagy a textboxból való kikattintás esetében a csúszka is felveszi a textboxban beállított értéket abban az esetben, amennyiben helyesen lett beállítva, különben pedig hibát ír. A beviteli hibák kiküszöböléséről a *CheckInputError* metódus gondoskodik. Megpróbálja beállítani a trackbar értékét a számmal megadottra, amennyiben nem sikerül neki, akkor jelzi a felhasználónak a beviteli hibát, és automatikusan beállítja a trackbar értékét a másik trackbar értékére.

Mindkét fenti metódus egyaránt kitér arra is, hogy arányosítani kell-e az értékeket (pl. a TMDb pontszám esetén igen), mert ez esetben a trackbar értékei 100-zal meg vannak szorozva annak érdekében, hogy lehessen lebegőpontos számokat is beállítani, viszont ezért 100-zal osztani kell a valós eredmény eléréséhez, megjelenítéséhez. Erre azért van szükség, mert C#-ban a trackbar csak egész számokat tud kezelni.

A metódus, amelyet a *LoadAnswers* ez esetben be fog tölteni a következő lesz:

```
/// <summary>
/// A csúszkás válaszlehetőséggel rendelkező kérdések közül a megjelenés évének
/// esetében meghívandó metódus a válaszokhoz
/// </summary>
public void ReleasedQuestion()
```

```

    {
        SetTrackbarProperties(trackBarMax, textBoxTrackbarMax, 1950, 2024,
2001, false, true,
            new int[] { 96, 210 }, new int[] { 317, 286 }, new int[] { 93,
258 }, new int[] { 451, 258 }, labelSliderMaxMin, labelSliderMaxMax);
        SetTrackbarProperties(trackBarMin, textBoxTrackbarMin, 1950, 2024,
2000, false, true,
            new int[] { 96, 131 }, new int[] { 197, 286 }, new int[] { 93,
179 }, new int[] { 451, 179 }, labelSliderMinMin, labelSliderMinMax);
    }

```

A metódusban a *SetTrackbarProperties* metódus kerül kétszer is meghívásra, mivel ez esetben két trackbar beállítása szükséges a válaszoláshoz. A metódus, mint a neve is mutatja, a trackbarok tulajdonságainak beállításáért felelős, így különböző paraméterértékekkel hívjuk meg őket az egyes csúszkák esetében. A metódusban a checkboxos kérdésekhez tartozó grafikus elemeket is elrejtjük átmenetileg, és helyüket átveszik a trackbarok. Mind a 3 csúszkás kérdéshez ugyanazokat a trackbarokat használjuk fel, viszont az egyiknél tartományt állítunk be velük, a másiknál csak alsó határértéket, illetve más és más értékek lesznek a különböző határértékek minden kérdés esetében, ezért szükséges a trackbarok jellemzőinek részletes testreszabása minden ilyen típusú metódus, és azon belül trackbar esetén. A metódus elején a *checkInputError* osztályszintű logikai változó értékét hamisra állítjuk, majd a végén visszaállítjuk igazra. Erre azért van szükség, mert a trackbarok tulajdonságainak beállításakor előfordulhat, hogy mikor az egyik értéke már be van állítva, de a másik még nincs, akkor a minimum érték a maximum felé megy, vagy fordítva, és a program hamisan jelez hibaüzenetet a felhasználó felé.

```

/// <summary>
/// A trackbarok tulajdonságainak beállítását végző metódus
/// </summary>
/// <param name="trackbar">A csúszka, amelynek a jellemzőit módosítjuk</param>
/// <param name="textbox">A csúszkához tartozó textbox</param>
/// <param name="min">A beállítható minimum érték</param>
/// <param name="max">A beállítható maximum érték</param>
/// <param name="startValue">A beállítandó kezdőérték</param>
/// <param name="scaleInput">Annak beállítása, hogy kell-e arányosítani a
beállított értékeket</param>
/// <param name="rangeInput">Annak beállítása, hogy tartományt adunk-e meg, vagy
csak alsó/felső határértéket</param>
/// <param name="trackbarLocation">A csúszka helyzetének beállítása</param>
/// <param name="textboxLocation">A csúszkához tartozó textbox helyzetének
beállítása</param>
/// <param name="labelMinLocation">A beállítható minimum értéket megjelenítő
címke helyzete</param>
/// <param name="labelMaxLocation">A beállítható maximum értéket megjelenítő
címke helyzete</param>
/// <param name="labelMin">A beállítható minimum értéket megjelenítő címke
értéke</param>
/// <param name="labelMax">A beállítható maximum értéket megjelenítő címke
értéke</param>
public void SetTrackbarProperties(System.Windows.Forms.TrackBar trackbar,
System.Windows.Forms.TextBox textbox, int min, int max, int startValue, bool
scaleInput, bool rangeInput, int[] trackbarLocation, int[] textboxLocation, int[]
labelMinLocation, int[] labelMaxLocation, Label labelMin, Label labelMax)
{
    checkValueError=false;

```

```

scale = scaleInput;
range= rangeInput;
checkedListBox.Visible = false;
trackbar.Visible = true;
textbox.Visible = true;
labelMin.Visible = true;
labelMax.Visible = true;
trackbar.Minimum = min;
trackbar.Maximum = max;
trackbar.Value = startValue;
checkValueError = true;
trackbar.Location = new Point(trackbarLocation[0], trackbarLocation[1]);
textbox.Location = new Point(textboxLocation[0], textboxLocation[1]);
labelMin.Location=new Point(labelMinLocation[0], labelMinLocation[1]);
labelMax.Location= new Point(labelMaxLocation[0], labelMaxLocation[1]);
if (scale)
{
    labelMin.Text = (min / 100).ToString();
    labelMax.Text = (max / 100).ToString();
}
else
{
    labelMin.Text = min.ToString();
    labelMax.Text = max.ToString();
}
}

/// <summary>
/// Az igaz/hamis kérdések esetében meghívandó algoritmus a válaszokhoz
/// </summary>
public void QuestionTrueOrFalse()
{
    trueOrFalse = true;
    checkedListBox.Items.Clear();
    checkedListBox.Items.Add(true);
    checkedListBox.Items.Add(false);
}

```

A csúszkák beállítása után a felhasználó újra a már bemutatott „Next” gomb megnyomásával tud továbblépni. A *buttonNext_Click* tartalma újra lefut, eltérés csak abban van az előző kérdéshez képest, hogy mivel más típusú kérdésről van szó, ezért az *UpdateScore* metódus ez esetben a *ModifyScoreForTrackbar* metódust fogja meghívni, mivel a switch case szerkezetben a *Released* jellemzőhöz ez lett beállítva. A metódus a *range* változó ellenőrzésével külön veszi azt az esetet mikor tartomány lett megadva, illetve azt is, mikor csak alsó határérték. A TMDB pontszámnál itt már nem szükséges arányosítani, mivel a feltétel a csúszkához tartozó textbox eredményét veszi át, ott pedig már a megjelenítés pillanatában megtörténik az arányosítás, így már ebben a metódusban is az arányosított értéket használjuk.

```

public void ModifyScoreForTrackbar(Func<LearningMovie, double> featureSelector,
double score)
{
    for (int i = 0; i < learningMovies.Count; i++)
    {
        if (featureSelector(learningMovies[i]) >=
float.Parse(textBoxTrackbarMin.Text) && range == false)
        {
            learningMovies[i].Score += score;
        }
    }
}

```

```

    }
    else if (featureSelector(learningMovies[i]) >=
float.Parse(textBoxTrackbarMin.Text) && featureSelector(learningMovies[i]) <=
float.Parse(textBoxTrackbarMax.Text) && range == true)
    {
        learningMovies[i].Score += score;
    }
}
}

```

A *buttonNext_Click* lefutása után eltűnnek a trackbarok és a hozzá kapcsolódó grafikus objektumok, és újra megjelennek a checkboxos kérdésekhez tartozó elemek.

3.2.6 Az igaz/hamis kérdések kezelése

A harmadik kérdéstípus az igaz/hamis, ilyen típusú kérdés tartozik a *Blockbuster* jellemzőhöz is, amely 3. elemnek lett választva a prioritási listában. Ez esetben a meghívandó metódusok megegyeznek a *Genre* tulajdonságnál már bemutatottakkal, annyi különbséggel, hogy a *LoadAnswers* metódus a *QuestionTrueOrFalse*-t hívja meg, mint minden igaz/hamis kérdés esetében. A képernyőnek a kérdés betöltése utáni állapotát a 15. ábra mutatja be.

15. ábra: A példánkban az harmadik kérdés betöltése után megjelenő képernyő terve

A metódus elején az osztályszintű *trueOrFalse* bool változót igazra állítjuk. Erre azért van szükség, mert a többi checkboxos, de nem igaz/hamis kérdésnél egyszerre több elemet is kiválaszthatunk válaszként a filmek esetén, viszont igaz/hamis kérdésnél ennek értelemszerűen nincs értelme. Ezért a *checkedListBox_ItemCheck* metódussal igaz *trueOrFalse* érték esetében ha bepipáljuk bármelyik checkboxnak az értékét, akkor az összes többinél ki kell venni a pipát. A *checkedlistbox* adatforrása ebben az esetben csak 2 elemből fog állni, a *true* és *false* értékekből.

```
/// <summary>
```

```

/// Az igaz/hamis kérdések esetében meghívandó algoritmus a válaszokhoz
/// </summary>
public void QuestionTrueOrFalse()
{
    trueOrFalse = true;
    checkedListBox.Items.Clear();
    checkedListBox.Items.Add(true);
    checkedListBox.Items.Add(false);
}

/// <summary>
/// Annak kezelése, hogy csak egy checkbox lehessen bepipálva igaz/hamis kérdések
/// esetében
/// </summary>
/// <param name="sender"></param>
/// <param name="e"></param>
private void checkedListBox_ItemCheck(object sender, ItemCheckEventArgs e)
{
    if (trueOrFalse)
    {
        for (int i = 0; i < checkedListBox.Items.Count; i++)
        {
            if(i !=e.Index)
            {
                checkedListBox.SetItemChecked(i, false);
            }
        }
    }
}

```

A válasz kiválasztása után ezúttal, mivel az utolsó kérdésről van szó, ezért a 2. kérdésről való továbblépéskor lefutó *buttonNext_Click* metódus eltűntette a „Next” gombot, helyette pedig megjelent a „Finish” gomb, amivel a felhasználó továbbléphet az ajánlott filmek kilistázásához.

```

/// <summary>
/// A finish gomb megnyomásakor lefutó metódus
/// </summary>
/// <param name="sender"></param>
/// <param name="e"></param>
private void buttonFinish_Click(object sender, EventArgs e)
{
    UpdateScore();
    MainDecTree mainDecTree = new MainDecTree();
    mainDecTree.BuildTree(learningMovies, movies, properties);

    if (FinishButtonClicked != null)
    {
        FinishButtonClicked(this, EventArgs.Empty);
    }
}

```

A pontszámokat az utolsó kérdés esetében is frissíteni kell, tehát ez esetben is meghívjuk az *UpdateScore* metódust. A switch case szerkezet ebben az esetben a *ModifyScoreForTrueOrFalse* metódust hívja meg, amelynek logikája megegyezik a többi *ModifyScore* típusú metódusával.

A *buttonFinish_Click* metódus többi részében példányosítjuk a fő becslést végző *MainDecTree* osztályt, és *BuildTree* metódusának átadjuk a megfelelő paramétereket ahhoz, hogy a tanítóhalmazon kialakított pontszámok alapján megbecsülje az egész adathalmaz pontszámait, illetve a *FinishButtonClicked* eseménykezelő segítségével továbblépünk a *Results* UserControl osztályra (hasonlóan, mint a *SetPriority* UserControlról a *QuestionsControl*-ra), ahol a becslt eredményeket megjelenítjük.

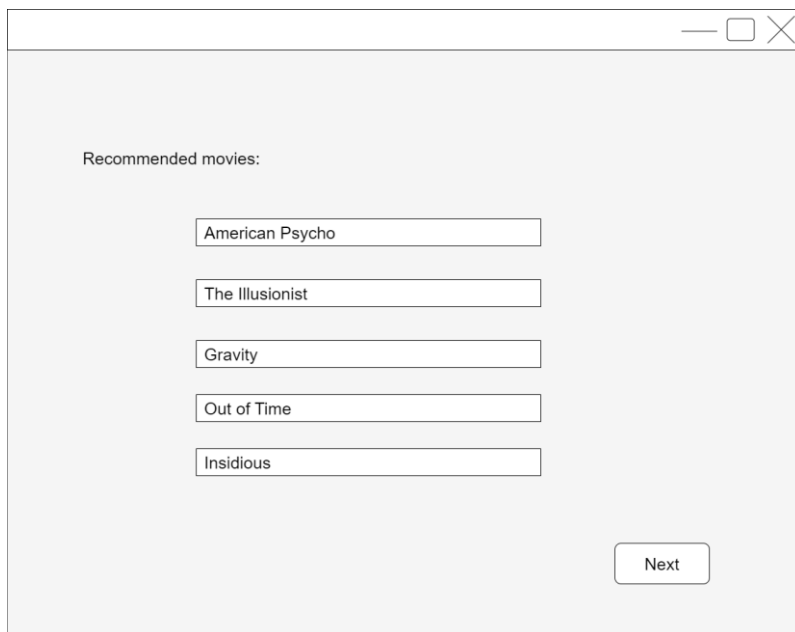
3.2.7 Az eredmények becslése

A fő becslés tehát a *MainDecTree* osztály *BuildTree* metódusában található, logikája pedig teljes mértékben megegyezik a *DecTreeForTmdb* osztályban megvalósított, a filmek TMDB pontszámára vonatkozó becsléssel, amely a melléklet B.8-as fejezetében került bemutatásra. Az elkészített fő becslés a szakdolgozatom 2.8-as fejezete alapján készült, amelyben részletezésre kerülnek azok a lépések, illetve összetevők, amelyek egy ML.NET becslési program elkészítéséhez szükségesek.

Mindkét becslés esetében regressziós becslésről van szó, hiszen a TMDB pontszám, és az általunk kialakított pontszámok is folytonos értékek.

A TMDB pontszámra vonatkozó becslésnél csak a műfajok és a kulcsszavak alapján történt a becslés, a fő becslésnél viszont mind a 12 darab jellemzőt, amire kérdések irányulnak, figyelembe vesszük, és ezek alapján történik a pontszámok megbecslése. A jellemzőkön természetesen itt is először átalakításokat kell végeznünk annak érdekében, hogy a különböző típusú adattagokat az ML.NET által kezelhető formába alakítsuk.

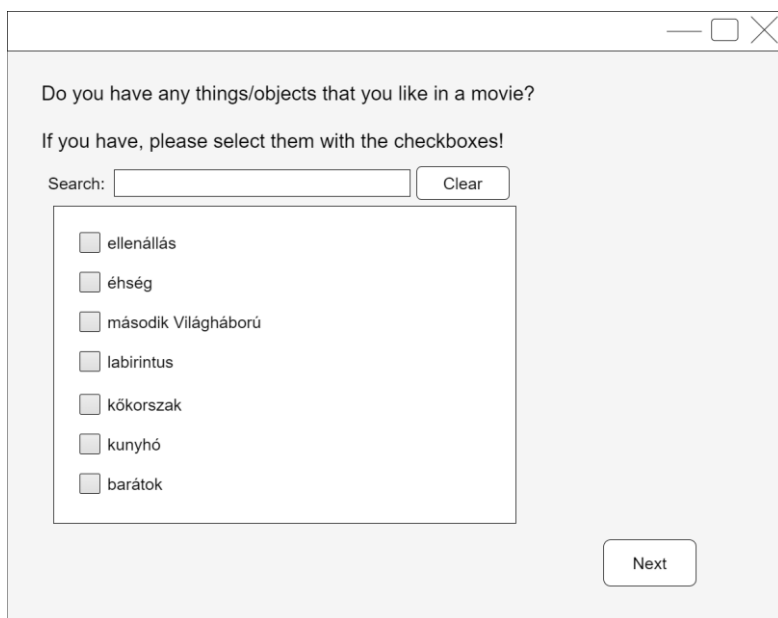
A becslés végén a kapott pontszámokat a *movies* lista *Score* adattagjaiban tároljuk el filmenként. A *Results* osztályban a listát a *Score* adattagok értékei szerint csökkenő sorrendbe rendezzük, és az első 5 elemét jelenítjük meg végeredményként 5 darab textboxban, ez lesz az 5 legmagasabb pontszámmal rendelkező film a listából, azaz a felhasználó igényeinek a becslés alapján a legjobban megfelelő filmek. Ezt a képernyőt a 16. ábra mutatja be.



16. ábra: Az ajánlott filmek képernyőterve

3.2.8 Kereső megvalósítása a kulcsszavakhoz

A checkboxos kérdéseknél említésre került, hogy a *Keywords* jellemző esetében egy kereső megvalósítása is szükséges volt a hosszú listában való gyorsabb, és könnyebb kereshetőség érdekében. A kereső megvalósítása a *QuestionsControl FilterCheckedListBox* algoritmusában történik. A kereső elhelyezését a 17. ábra szemlélteti.



17. ábra: A kulcsszavak esetében használt kereső

A kulcsszavak esetében a *checkedlistbox* tartalma értelemszerűen a tanítóhalmaz összes kigyűjtött kulcsszava lesz, ezeken történik majd a keresés. Az algoritmus akkor fut le, miután a felhasználó beírta a keresőmezőbe az általa keresni kívánt kifejezést, és megnyomja az enter billentyűt. A metódus elején végigmegyünk a *checkedlistbox*

összes elemén, és minden egyes elemre megvizsgáljuk, hogy a *selectedFromCheckbox* tartalmazza-e az adott értéket. (A metódus legelső lefutásakor, tehát a legelső keresésnél még üres lesz) Ha az adott elem be van pipálva, tehát ki van választva, de a *selectedFromCheckbox* listának nem eleme, akkor hozzáadjuk, ha pedig nincs kiválasztva az adott elem, akkor pedig eltávolítjuk a listából. Ezzel a logikával a *selectedFromCheckbox* lista tartalmát minden egyes kereséskor aktualizáljuk. Ezután a *checkedListBox* tartalmát töröljük, és a textbox tartalmát összehasonlítjuk a filmekből kigyűjtött kulcsszavakkal. Amelyik tartalmazza a keresendő kifejezést, az a frissített *checkedListBox* eleme lesz. Végül újból végigmegyünk a frissített *checkedListBox* elemein, és ha az adott elemet tartalmazza a *selectedFromCheckbox* lista, akkor a frissített listában is bepipáljuk, tehát kiválasztjuk.

Több keresést is végezhetünk egymás után, viszont az utolsó keresés után bepipált elemek az *UpdateScore* metódussal kerülnek bele a *selectedFromCheckbox* listába, mint ahogyan a többi, keresővel nem rendelkező kérdés esetében is történik.

A kereső melletti „Clear” gombra kattintva törölhetjük a szűrőt, és megjeleníthetjük újra az összes kulcsszót. Ebben az esetben is a *FilterCheckedListBox* metódust hívjuk meg, csak üres stringgel (""), amelyet minden elem tartalmaz, ezért mindegyik megjelenítésre kerül.

```

/// <summary>
/// Kereső a Keywords jellemzőhöz kapcsolódó kérdéshez
/// </summary>
/// <param name="searchText">A keresett kifejezés</param>
private void FilterCheckedListBox(string searchText)
{
    string itemText;
    for (int i = 0; i < checkedListBox.Items.Count; i++)
    {
        itemText = checkedListBox.Items[i].ToString();
        if (checkedListBox.GetItemChecked(i) == true)
        {
            if (!selectedFromCheckbox.Contains(itemText))
            {
                selectedFromCheckbox.Add(itemText);
            }
        }
        else
        {
            selectedFromCheckbox.Remove(itemText);
        }
    }

    checkedListBox.Items.Clear();

    for(int i = 0; i < featuresForCheckbox.Keyword.Count; i++)
    {
        if (featuresForCheckbox.Keyword[i].ToLower().Contains(searchText))
        {
            checkedListBox.Items.Add(featuresForCheckbox.Keyword[i]);
        }
    }

    for (int i = 0; i < checkedListBox.Items.Count; i++)

```

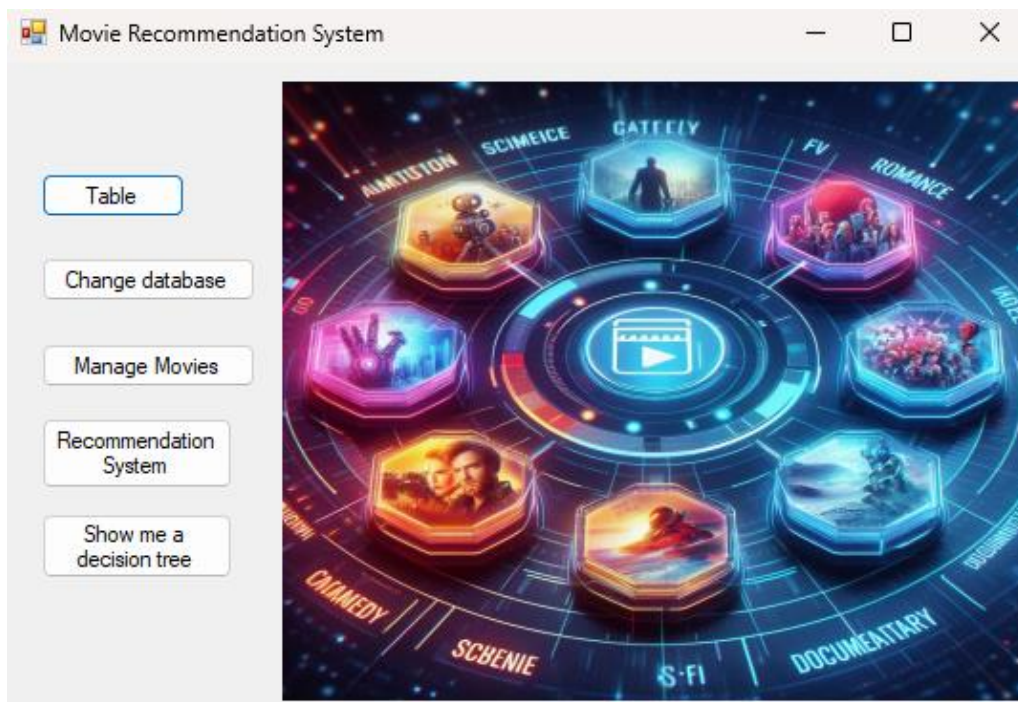
```
{
    itemText = checkedListBox.Items[i].ToString();
    if (selectedFromCheckbox.Contains(itemText))
    {
        checkedListBox.SetItemChecked(i, true);
    }
}
```

4. A program használatának a bemutatása

Ebben a fejezetben a kész program felhasználói felületének, működésének a bemutatására kerül sor a felhasználó szemszögéből. Továbbá részletezésre kerül, hogy egy C# nyelven írt program esetében a forráskódból milyen módon lehet a futtatható kódot előállítani.

4.1 A program funkciói

A programot lefuttatva a 18. ábrán látható képernyő fogadja a felhasználót, tehát ez gyakorlatilag a programnak a főmenüje, ahonnan indíthatóak a különböző funkciók az egyes gombokkal, amelyek menüpontokként szolgálnak.



18. ábra: A program főmenüje

4.1.1 Az adatbázis tartalmának megjelenítése

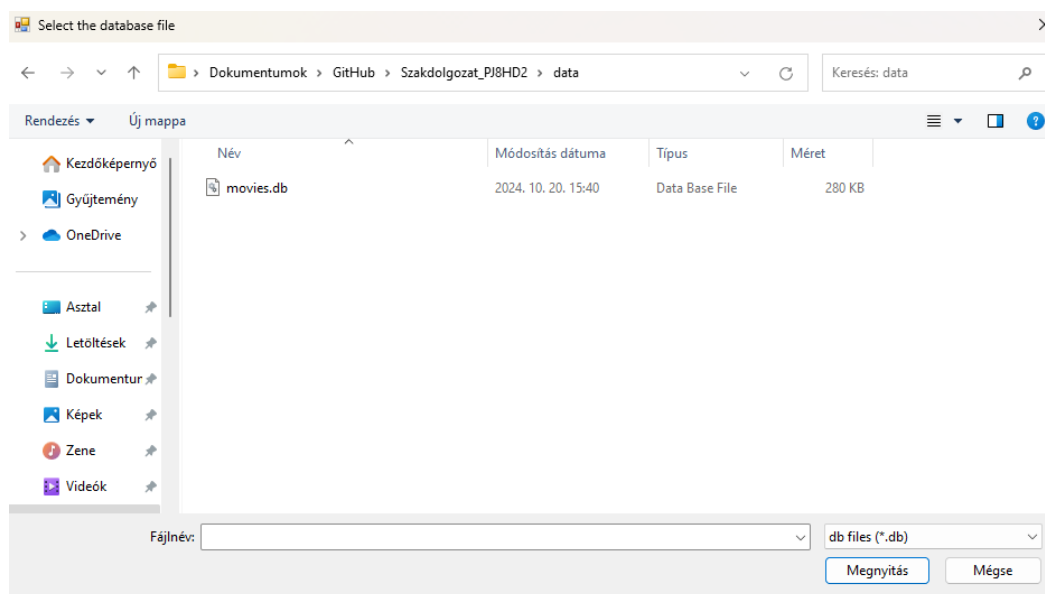
A Table gomb segítségével a felhasználónak lehetősége van az adatbázis tartalmának megjelenítésére. A 19. ábrán látszik, hogy az adatok egy táblázat formájában jelennek meg, legfelül pedig láthatóak az oszlopok nevei, ez jelöli, hogy a filmek mely adatai vannak tárolva az adott oszlopban. A cellák csak olvashatóak, így nem lehet belekattintani, és ezzel átírni, módosítani az értéküket. A táblázat ablakmérete változtatható vagy akár teljes képernyőre is kinagyítható, ezzel még több adat fér el, és jeleníthető meg oldalra görgetés nélkül.

List of movies						
	ID	Title	Year of release	Runtime (Minutes)	Gender of the protagonist (1 is female, 2 is male)	Main actor
▶	1	Avatar	2009	162	2	Sam Worthington
	2	Forrest Gump	1994	138	2	Tom Hanks
	3	The Dark Knight	2008	155	2	Christian Bale
	4	2001: A Space Odyssey	1968	149	2	Keir Dullea
	5	Lara Croft: Tomb Raider	2001	100	1	Angelina Jolie
	6	Four Rooms	1995	98	2	Tim Roth
	7	Saw	2004	176	2	Cary Elwes
	8	Silent Hill	2006	125	1	Radha Mitchell
	9	The Da Vinci Code	2006	149	2	Tom Hanks
	10	Finding Nemo	2003	86	2	Albert Brooks
	11	Deadpool	2016	115	2	Ryan Reynolds
	12	Bad Moms	2016	101	1	Mila Kunis
	13	The Martian	2015	141	2	Matt Damon
	14	Ex Machina	2015	108	2	Domhnall Gleeson
	15	The November Man	2014	108	2	Pierce Brosnan
	16	A Conjuring 2	2016	134	1	Vera Farmiga
	17	Amélie	2001	122	1	Audrey Tautou
	18	Brother	2000	114	2	Takeshi Kitano
	19	Memento	2000	113	2	Leonard Shelby

19. ábra: Az adatbázis tartalmának, tehát a filmeknek a megjelenítése

4.1.2 Az adatbázis cseréje

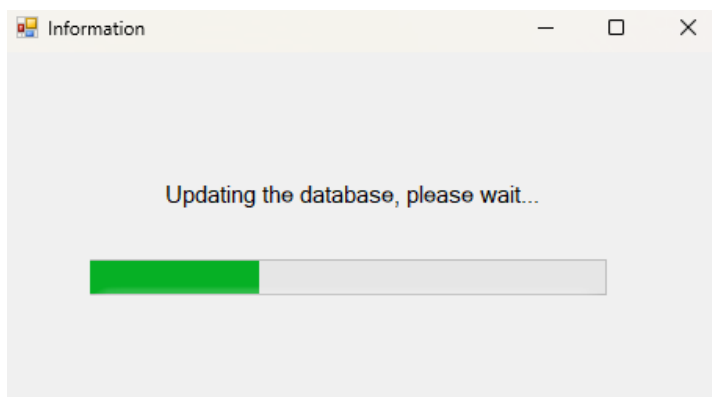
Ha a felhasználó le szeretné cserélni a program teljes adatbázisát, akkor azt a „Change database” gombbal teheti meg. Megnyomására megnyílik egy párbeszédablak, amelyben .db kiterjesztésű SQLite adatbázis fájlok betallózására nyílik lehetősége a felhasználónak (20. ábra).



20. ábra: A tallózáshoz használatos párbeszédablak

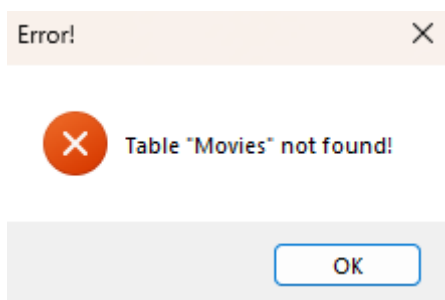
A kívánt fájlt betallózva amennyiben minden rendben van a fájlal, tartalmaz az eredeti movies.db adatbázisfájllhoz hasonlóan egy ugyanolyan szerkezetű *Movies* táblát, akkor a program lecseréli az eredeti adatbázisát a betallózottra, és megkezdzi a betallózott fájl

beolvasását, közben pedig megjelenik egy folyamatjelző csík, hogy tudassa a felhasználóval, a program dolgozik a háttérben (21. ábra).

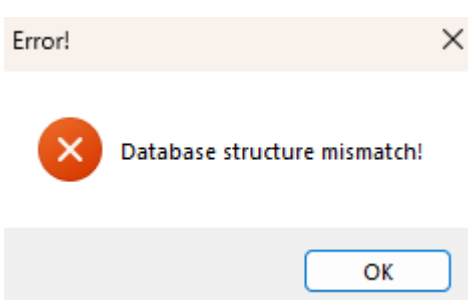


21. ábra: Folyamatjelző csík

Amennyiben a felhasználó véletlenül rossz adatbázis fájlt tállózott be, akkor arra a program felhívja a felhasználó figyelmét a megfelelő hibaüzenet felhasználásával (22. ábra, 23. ábra).



22. ábra: Hibaüzenet ha nem található a Movies tábla

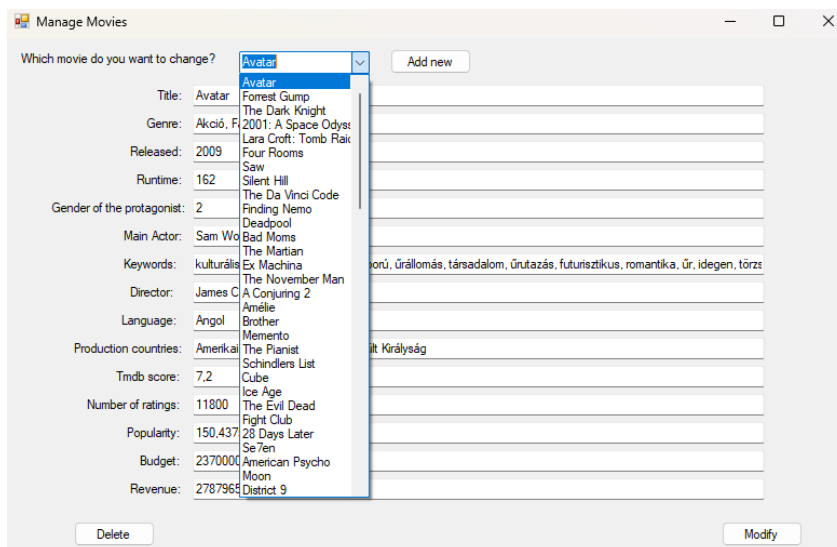


23. ábra: Hibaüzenet ha a Movies tábla struktúrája eltér az eredetitől

4.1.3 Filmek kezelése

Abban az esetben, ha a felhasználó a programon belül szeretne egy-egy filmet hozzáadni, esetleg annak adatait módosítani, vagy törölni az adatbázisból, akkor a „Manage Movies” menüpont kiválasztásával lehetősége nyílik erre. A megnyíló ablakban az adatbázis filmjei közül egy legördülő lista segítségével tud válogatni a felhasználó, a kiválasztott film adatai jelennek meg a szövegdobozokban (24. ábra).

Miután a felhasználó kiválasztotta a megfelelő filmet, eldöntheti hogy azt ki szeretné törölni, vagy valamely adatán módosítani szeretne. A „Delete” gomb megnyomása előtt nincs semmi teendő, a módosítás gomb megnyomása előtt viszont a szövegdobozokban szükséges módosítani azokat az adatokat, amelyeket meg szeretne változtatni a felhasználó, és ezután megnyomva hajtódnak végre a módosítások. Ameddig a program a háttérben dolgozik, a folyamatjelző csík itt is megjelenik (21. ábra).



24. ábra: Legördülő listából való választás

Az új film hozzáadására szolgáló „Add new” gomb megnyomásával a 24. ábrán a háttérben látható szövegdobozok kiürülnek, és a felhasználó feltöltheti őket saját maga által meghatározott tetszőleges adatokkal. Mind a módosítás, mind pedig a hozzáadás esetén ha üresen maradnak szövegdobozok, vagy nem megfelelő típusú, vagy nem megfelelő formájú adat van benne, akkor arra hibaüzenetek figyelmeztetik a felhasználót. Azoknál a mezőknél, ahol nem teljesen egyértelmű, hogy milyen adatnak kellene belekerülnie és milyen formában, ott az egeret a mező fölé mozgatva egy-egy címke nyújt segítséget a felhasználó számára (24. ábra).

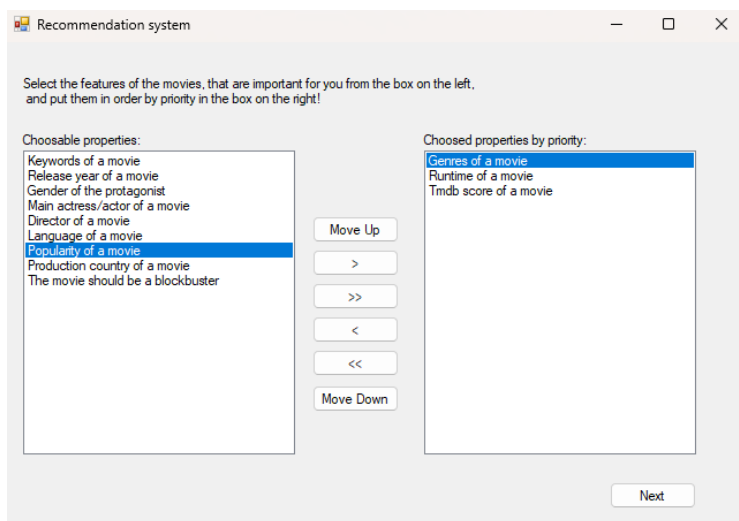
Runtime:	<input type="text" value="1 (male) or 2 (female)"/>
Gender of the protagonist:	<input type="text"/>
Main Actor:	<input type="text"/>

24. ábra: A főszereplő nemének beírásához segítő nyújtó címke

4.1.3 Film ajánlása

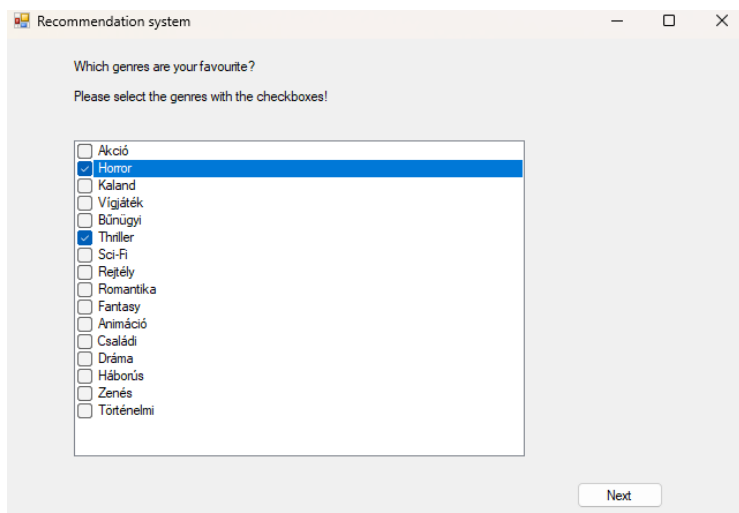
A főmenü „Recommendation System” menüpontját kiválasztva érhető el a program fő funkciója, az ajánlórendszer rész. A megnyitása után a felhasználót egy prioritásválasztó képernyő fogja fogadni, amelyen a képernyőn található gombok segítségével tudja a bal oldali listából kiválasztani, átmozgatni a filmeknek azokat a jellemzőit, tulajdonságait, amelyek számára fontosak, mikor filmeket keres, ezáltal csak azokra a jellemzőkre fog kérdéseket kapni, amelyek számára lényegesek (25. ábra). A jobb oldali listában, amelybe a kiválasztott tulajdonságok kerültek, nem csak az fontos, hogy milyen jellemzők kerültek bele, hanem az is, hogy azok milyen sorrendben vannak benne, erre pedig a program figyelmezteti is a felhasználót az ablak tetején található utasítás formájában. A lista beválogatott elemek prioritása tehát módosítható kijelölés (rákattintás) után az erre a célra létrehozott „Move up” és „Move down” gombokkal. Minél fentebb van egy jellemző a prioritási listában, annál nagyobb súllyal veszi figyelembe a program a rá adott választ, így annál jobban befolyásolja a

végeredményképpen adott ajánlott filmeket. Minél több jellemző kerül kiválasztásra, a program annál pontosabb ajánlásokat tud adni a felhasználó számára.



25. ábra: A prioritásválasztó képernyő

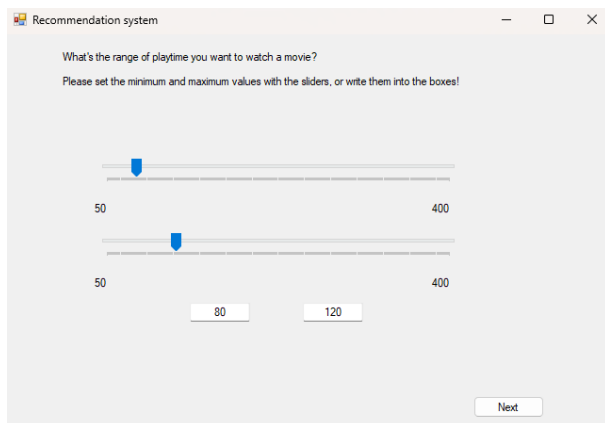
A prioritásválasztó képernyőről továbbhaladva a felhasználó megkapja azokat a kérdéseket, amelyek a kiválasztott jellemzőkhöz tartoznak. A 25. ábrán a filmek műfaja, a hossza, és a TMDb pontszáma került kiválasztásra. Ennek megfelelően az első kérdésben a műfajokat kell kiválasztanunk. Jelen esetben most „Horror” és „Thriller” műfajú filmeket szeretnénk nézni, így ennek megfelelően választunk (26. ábra).



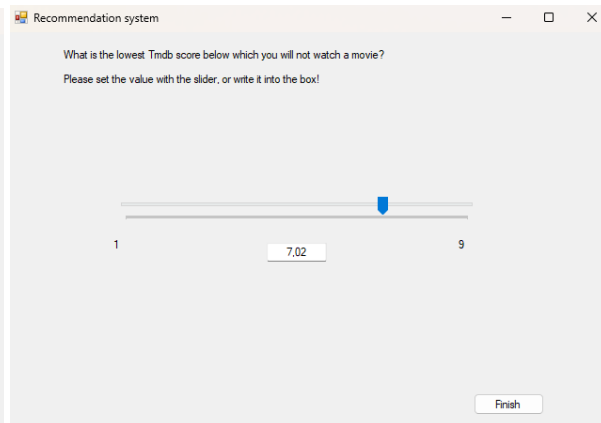
26. ábra: A műfajok kiválasztása

A 2. jellemző a film hosszára, a 3. pedig a TMDb pontszámára irányult, így ebben a sorrendben történt a megjelenítésük a műfajok kiválasztása után. A film hosszánál 2 csúszka segítségével lehet beállítani azt az időintervallumot, amelyen belül szeretnénk, hogy legyen az ajánlott film (28. ábra). Azonban a TMDb pontszámnál erre csak 1 csúszka áll rendelkezésünkre, mivel csak azt a minimum pontszámot tudjuk meghatározni, amelynél nem szeretnénk, hogy kevesebb legyen az ajánlott filmek pontszáma (29. ábra). A film hosszánál 80 és 120 perc közötti intervallum került

beállításra, a TMDB pontszámmal pedig 7,02 lett megadva, ennél nem szeretnénk alacsonyabb TMDB pontszámmal rendelkező filmeket kapni.

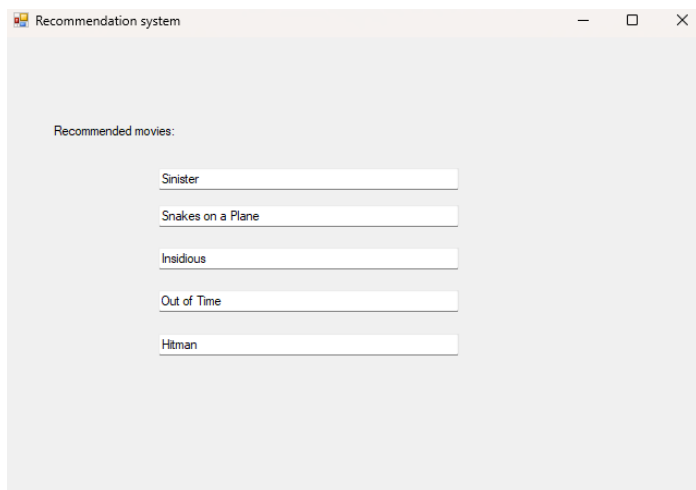


27. ábra: A film hosszának meghatározása



29. ábra: Az ajánlott filmekre vonatkozó minimum TMDB pontszám meghatározása

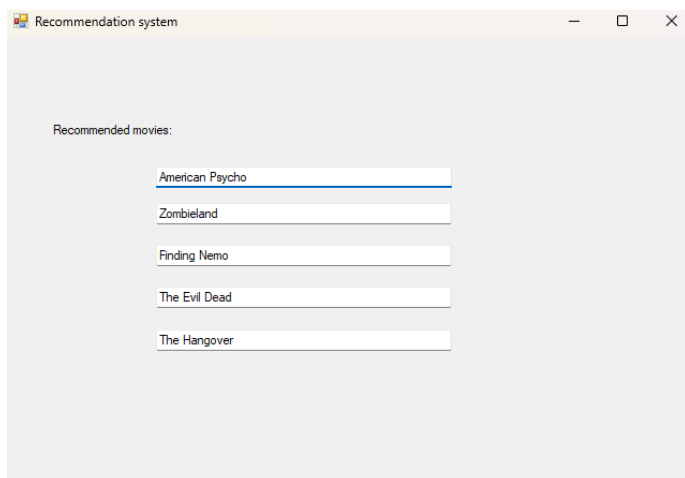
Miután a TMDB pontszámot is beállítottuk, és továbbléptünk, a program összeállítja az ajánlott filmek listáját (30. ábra). A listában legfelül lévő film az, amely a legpontosabban megfelel a felhasználó igényeinek. Esetünkben ez a „Sinister” című film, amelynek a műfaja „Horror, Thriller, Rejtély”, hossza 110 perc, TMDB pontszáma pedig 6,7. A mi esetünk Horror és Thriller műfajú filmeket szerettünk volna kapni minimum 80, de maximum 120 perces játékidővel, és legalább 7,02-es TMDB értékeléssel. A Sinister című film műfaja és hossza is megfelel a keresett jellemzőknek, a TMDB értékelése viszont elmarad a beállított pontszámtól. Ez nem meglepő, mivel a TMDB pontszám a kiválasztott jellemzők közül a prioritási listában a lista legalján volt, így a 3 válasz közül ezt vette figyelembe a legkevésbé a program az ajánlott filmek meghatározásánál.



30. ábra: A megadott válaszok alapján az ajánlott filmek listája

Ha csinálunk egy próbát úgy, hogy ugyanezeket a jellemzőket válogatjuk be a prioritási listába, csak az előbbi példával pont fordított sorrendben (tehát TMDB pontszám, hossz,

műfajok lesz a sorrend) és a kérdésekre is az előbbieken bemutatott válaszokat adjuk, akkor eltérő eredményt kapunk (31. ábra).



31. ábra: Az ajánlott filmek a prioritási sorrend megfordításával

Ebben az esetben az „American Psycho” című film az, amely a válaszok alapján a legjobban megfelel a felhasználói igényeknek. Ennek a filmnek a TMDB értékelése 7,3, a játékidője 102 perc, a műfaja pedig Thriller, Dráma és Bűnügyi, tehát ebben az esetben a műfajai nem felelnek meg teljesen a beállított Horror és Thriller műfajokkal, mivel a Horror nem szerepel a film műfajai között. Azonban most a prioritási listában a műfajok voltak a lista legalján, így a 3 megadott jellemző közül ezt vette a legkevésbé figyelembe a program. Tehát innen látszik, hogy nem mindegy, hogy a listába milyen sorrendben kerülnek bele a jellemzők, a program figyelembe veszi azok prioritását az ajánlás elkészítéséhez.

4.2 Futtatható kód előállítás a forráskódból

A programomat a Visual Studio fejlesztőkörnyezetben írtam meg, amely a StackOverflow 2024-es felmérése szerint a mai napig az egyik legnépszerűbb fejlesztőkörnyezet [36]. A Visual Studioba be van építve a Roslyn fordító, amely valós, időben, a kód írásakor már képes jelezni, hogy ha valamilyen hiba, elírás történik a kódban. A Roslyn segítségével C#, és akár Visual Basic nyelven írt forráskódok is fordíthatóak futtatható kódokká [37].

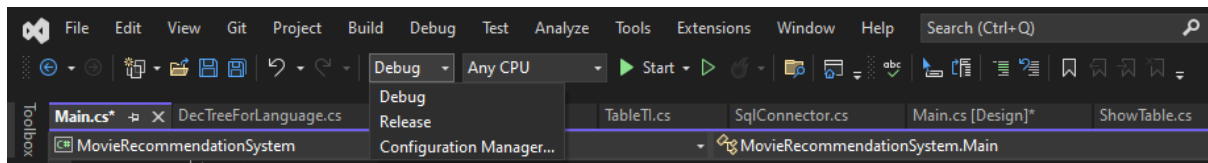
4.2.1 Fordítás Debug módban

Visual Studioban a fordítónak 2 külön konfigurációja van, a Debug és a Release. A Visual Studioba belépve alapértelmezett futtatási móda a „Debug”. Miután a programunk megírásra került, és a „Start” gomb megnyomásával a programunkat le szeretnénk futtatni, az „Debug”, tehát hibakereső módban fog lefordulni, amennyiben azt nem állítottuk át [38].

Debug módban a kód hibakeresés közben szerkeszthető a kód, az optimalizációk ki vannak kapcsolva, és futásidejű mappák használata történik. Az inicializálatlan változók memóiahelye 0xCC értékkel kerül feltöltésre [38].

4.2.2 Fordítás Release módban

A Visual Studio felső menüsorában a „Start” gomb mellett állítható át a futtatás módja.



18. ábra: A Visual Studio menüsora

Release módban futtatva a programot a Visual Studio figyelmeztet minket arra, hogy a programot „Release” módban futtatva a hibakeresés nem lesz olyan hatékony, de így is lehetőségünk van folytatni, vagy kilépni. Közben a program könyvtárában a Debug mappa mellett a fordítást követően létrejött programfájlok bekerülnek a korábbiakban még üres „Release” mappába, köztük az .EXE fájl is, amivel innentől a Visual Studio megnyitása nélkül is lehetőségünk nyílik bármikor lefuttatni a programot.

4.2.3 Debug és Release mód összehasonlítása

Release módban futtatva a programunkat érhetnek minket olyan váratlan hibák, amik Debug módban nem feltétlenül okoztak problémát. Például, ha egy változó Debug módban nincs inicializálva, akkor is rendben le kell futnia a programnak, mivel a változók memóiahelye 0xCC értékkel kerül feltöltésre. Ez Release módban nem így történik, mivel véletlenszerűen kerülnek kiosztásra a memóriacímek, így ez nem várt problémákat okozhat [38].

Ennek a fordítottja is igaz lehet, tehát Release módban elképzelhető hogy nem figyelmeztet minket a program olyan dolgokért, amikért Debug módban szólt, mivel a Debug mód, mint a nevéből is adódik leginkább hibakeresésre lett kitalálva, így sokkal több ellenőrzés hajtodik végre rajta, mint Release módban való futtatáskor, de ezáltal a futási teljesítmény is romlani fog, lassabb lesz, mint Release módban [38].

Mivel a Release módban fordított programkód során egy másik mappába kerülnek az összekészített programfájlok, mint előtte a fejlesztés során a Debug esetén, ezért ha az adott program tartalmaz olyan kódrészeket, amelyek fájlokat olvasnak be, akkor különös figyelmet igényel, hogy ezek az olvasandó fájlok a Release mappában is benne legyenek, mivel ameddig nincsenek benne, hibát fog okozni azok hiánya.

5. Összefoglalás

Szakdolgozatom célját sikerült megvalósítanom, tehát sikerült elkészítenem egy olyan ajánlórendszert filmekre vonatkozóan, amely a felhasználó igényeihez tud igazodni, és annak megfelelően feltenni a kérdéseket. Az ajánlórendszer futtatásának az elején megjelenő prioritási lista tartalmát a felhasználó tudja testreszabni, ennek a tartalmát használja fel a program arra a célra, hogy eldöntse, mely kérdések megjelenítésére van szükség, és milyen sorrendben az adott felhasználó esetében.

Az ajánlórendszerek bemutatása mellett részletezésre kerültek még más, egyéb logikán alapuló keresőalgoritmusok is, amelyek között voltak hagyományosabb koncepciókat használó keresők is, mint például a kulcsszó alapú keresők, de emellett voltak modernebb megközelítések is, mint például a kép alapú keresők, vagy az NLP (természetes nyelvfeldolgozás).

Az ajánlórendszerek témaköréhez kapcsolódó különböző témák, mint például a döntési fák, vagy az adatbázisrendszerek érintése mellett az ML.NET gépi tanulási algoritmusokat tartalmazó függvénykönyvtár is sikerült bemutatnom egy olyan szemszögből, hogy milyen becslésekkel kapcsolatos részeket, hatékonyságmérési algoritmusokat tartalmaz, továbbá hogy hogyan lehet a függvényeinek használatával becslő algoritmusokat készíteni. A függvénykönyvtár algoritmusainak segítségével elkészített különböző becslő algoritmusok hatékonyságának tesztelésével kiderült, hogy egy konkrét esetre hogyan működnek azok. Összevetésük során megvizsgálásra került, hogy folytonos értékek megbecslésére vonatkozó következtetések esetében az aktuális körülmények között mely algoritmusok tudtak hatékonyan működni, és mely algoritmusok működtek még a véletlen találgatástól is rosszabbul.

Az elkészített programból az a következtetés vonható le, hogy a C# programozási nyelv egy megfelelő alapot tud szolgáltatni egy olyan grafikus felületű, asztali alkalmazás létrehozásához, amely egy ajánlórendszert valósít meg. A becslések megvalósításához nagy segítséget tudott nyújtani az ML.NET függvénykönyvtár, mivel a benne megtalálható, már előre implementált algoritmusokat használva nincs szükség arra, hogy azokat a programozónak saját magának kelljen implementálnia, ezáltal a függvénykönyvtár használata lényegesen meg tudja könnyíteni a dolgát.

A programban használt két egyéb technológia, az SQLite és a GraphViz is egyaránt problémamentesen összekapcsolható volt, illetve együtt tudott működni a C# alkalmazással.

Szakdolgozatomban törekedtem arra, hogy bemutassam a programomat olyan szempontból, amely a programban használt logikákra, megoldásokra fókuszál implementációközelibb módon, illetve egy olyan, másik szempontból is, amely az elkészített programnak a használatát, működését mutatja be.

6. Summary

I have successfully fulfilled the main objective of my thesis, which was to design and develop a customizable recommendation system for movies. This system is able to dynamically adapt to the specific needs and preferences of each user with the priority list, prompting relevant questions accordingly. At the beginning of each recommendation, users are presented with a priority list that they can tailor to reflect their unique preferences about movies.

In addition to the introduction of the recommendation systems, my thesis also explores various other search algorithms that employ different methodologies. These include both traditional approaches, such as keyword-based search engines that filter results based on input keywords, and modern, innovative methods like image-based search engines or NLP (natural language processing).

Beyond covering various topics related to recommendation systems, such as decision trees and database systems, I also explored the ML.NET machine learning library, focusing on its estimation components, efficiency measurement tools, and how to construct estimation algorithms using its functions. By testing the efficiency of different estimation algorithms built with the library, I gained insights into their performance in specific cases. The algorithms were compared to assess which could efficiently perform continuous value estimation under real conditions and which performed worse than even random guessing.

In conclusion, C# provides an excellent foundation for creating a desktop application with a graphical user interface that implements a recommendation system. The ML.NET library is highly beneficial for predictive tasks, as its pre-implemented algorithms can save so much time for the programmer, since it's not necessary for the programmer to implement them manually, which can take a lot of time, as it can be a long and complicated process. It's great feature to simplify the development process.

The two other technologies used in the program, SQLite and GraphViz, were easy to integrate and worked seamlessly with the C# application.

In writing my thesis, I sought to present a dual perspective on the application. On one hand, I provided an implementation-oriented view that focuses on the logical approaches and solutions utilized in the program's development. On the other hand, I aimed to highlight the practical usage and functionality of the system from the user's perspective. This two-pronged approach allowed me to communicate both the technical complexities of the recommendation system and its usage as a functional tool.

7. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném kifejezni hálámat mindazoknak, akik szakdolgozatom elkészítése során támogattak és segítettek. Külön köszönet illeti Glavosits Tamás Tanár Urat, aki vállalta a témavezetői szerepet, és végigkísérte munkám folyamatát. Értékes visszajelzései és iránymutatásai nagy segítséget jelentettek számomra a dolgozat elkészítésében, hozzájárulva a munka magas szakmai színvonalához. Hálás vagyok a Tanár Úrnak, amiért támogatta szakdolgozatom létrejöttét, és értékelésével segített a dolgozat formálásában.

Továbbá külön köszönet illeti Piller Imre Tanár Urat, aki aktív közreműködésével és értékes szakmai meglátásaival segített a szakdolgozatom kivitelezésében. Segítőkészsége és értékes tanácsai végigkísértek a folyamat során, és sokat jelentettek számomra, mind a dolgozat elkészítésében, mind a szakmai fejlődésemben.

Mindkét Tanár Úrnak köszönöm az iránymutatást és a bizalmat, amelyek ösztönzőleg hatottak rám a dolgozat elkészítése során.

8. Irodalomjegyzék

- [1]: Szegedi Tudományegyetem Informatika Intézete: Reprezentáció tanulás, Letöltés dátuma: 2024. 10.11. <https://www.inf.u-szeged.hu/~rfarkas/ML22/embedding.html>
- [2]: Aminu Da'u & Naomie Salim: Recommendation system based on deep learning methods: a systematic review and new directions, Springer Nature, 2019: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-019-09744-1>
- [3]: Mohammad Aamir, Mamta Bhusry: Recommendation System: State of the Art Approach, International Journal of Computer Applications, 2015: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=199700bb1e2329b973c96b019d8c7d6910e6911a>
- [4]: Sayali D. Jadhav, H. P. Channe: Efficient Recommendation System Using Decision Tree Classifier and Collaborative Filtering, International Research Journal of Engineering and Technology, 2016: <https://www.irjet.net/archives/V3/i8/IRJET-V3I8393.pdf>
- [5]: J. R. Quinlan: Learning decision tree classifiers, Association for Computing Machinery, 1996: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/234313.234346>
- [6]: Jiang Su, Harry Zhang: A Fast Decision Tree Learning Algorithm, Association for the Advancement of Artificial Intelligence, 2006: <https://cdn.aaai.org/AAAI/2006/AAAI06-080.pdf>
- [7]: SQLite hivatalos weboldala, Letöltés dátuma: 2024. 10.11.: <https://www.sqlite.org/>
- [8]: <https://www.kaggle.com/datasets/TMDB/TMDB-movie-metadata>
- [9]: TMDB hivatalos weboldala, Letöltés dátuma: 2024. 10.20.: <https://www.themoviedb.org/>
- [10]: Ankita Malve, Prof. P. M. Chawan: A Comparative Study of Keyword and

Semantic based Search Engine, International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 2015:

https://www.researchgate.net/profile/Pramila-Chawan/publication/316514673_A_Comparative_Study_of_Keyword_and_Semantic_based_Search_Engine/links/5901cfc7a6fdcc8ed51110da/A-Comparative-Study-of-Keyword-and-Semantic-based-Search-Engine.pdf

[11]: Martin Carlstedt: Using NLP and context for improved search result in specialized search engines, Mälardalen University, 2017:

<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1088795/FULLTEXT01.pdf>

[12]: Shaidah Jusoh: A study on NLP applications and ambiguity problems, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2018:

<https://www.jatit.org/volumes/Vol96No6/4Vol96No6.pdf>

[13]: Marcelo Arenas, Bernardo Cuenca Grau, Evgeny Kharlamov, Sarunas Marciuska, Dimitriy Zheleznyakov: Faceted search over RDF-based knowledge graphs, Journal of Web Semantics, 2016:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1570826815001432>

[14]: Osmo Suominen, Kim Viljanen, E. Hyvönen: User-Centric Faceted Search for Semantic Portals, Extended Semantic Web Conference, 2007:

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-72667-8_26

[15]: K.Kranthi Kumar, Dr.T.Venu Gopal: CBIR: Content Based Image Retrieval, National Conference on Recent Trends in information/Network Security, 2010:

https://www.researchgate.net/profile/K-Kranthi-Kumar-2/publication/235634738_CBIR_Content_Based_Image_Retrieval/links/004635189dd9ac1e6f000000/CBIR-Content-Based-Image-Retrieval.pdf

[16]: SQLite hivatalos weboldalának kezdőlapja, Letöltés dátuma: 2024. 10.11.:

<https://www.sqlite.org/index.html>

[17]: SQLite hivatalos weboldalának dokumentációja, Letöltés dátuma: 2024. 10.11.:

<https://www.sqlite.org/whentouse.html>

[18]: StackOverflow felmérése, Letöltés dátuma: 2024. 10.11.:

<https://survey.stackoverflow.co/2024/technology#most-popular-technologies-database>

[19]: System.Data.SQLite csomag hivatalos weboldala, Letöltés dátuma: 2024. 10.11.:

<https://system.data.sqlite.org/index.html/doc/trunk/www/index.wiki>

[20]: Adnan Kattakaden: Exploring the Evolution, Benefits, and Limitations of JSON: A Beginner's Guide, Medium cikke, 2023, Letöltés dátuma: 2024. 10.11.:

<https://medium.com/@adnankattakaden/exploring-the-evolution-benefits-and-limitations-of-json-a-beginners-guide-7d8ba5e1c5e4>

[21]: Google Cloud hivatalos dokumentációja, Letöltés dátuma: 2024. 08.18.:

<https://cloud.google.com/learn/artificial-intelligence-vs-machine-learning>

[22]: Mlpack hivatalos weboldala, Letöltés dátuma: 2024. 10.11.:

<https://www.mlpack.org/>

- [23]: Scikit-learn hivatalos weboldala, Letöltés dátuma: 2024. 10.11.: <https://scikit-learn.org/stable/>
- [24]: Microsoft hivatalos dokumentációja az ML.NET-ről, Letöltés dátuma: 2024. 08.18.: <https://dotnet.microsoft.com/en-us/apps/machinelearning-ai/ml-dotnet>
- [25]: ML.NET wikipédia oldala, Letöltés dátuma: 2024. 08.18.: <https://en.wikipedia.org/wiki/ML.NET>
- [26]: Microsoft hivatalos referencialeírása az ML.NET-ről, Letöltés dátuma: 2024. 08.18.: <https://learn.microsoft.com/hu-hu/dotnet/machine-learning/how-does-mldotnet-work>
- [27]: Microsoft hivatalos dokumentációja az ML.NET-ről, Letöltés dátuma: 2024. 08.18.: <https://dotnet.microsoft.com/en-us/learn/ml-dotnet/what-is-mldotnet>[36]
- [28]: Microsoft hivatalos referencialeírása az ML.NET-ről, Letöltés dátuma: 2024. 08.18.: https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/machine-learning/resources/transforms?WT.mc_id=dotnet-35129-website
- [29]: Microsoft hivatalos referencialeírása az ML.NET-ről, Letöltés dátuma: 2024. 08.18.: https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/machine-learning/resources/tasks?WT.mc_id=dotnet-35129-website
- [30]: Jonathan L. Herlocker, Joseph A. Konstan, John Riedl: Explaining collaborative filtering recommendations, Association for Computing Machinery, 2000: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/358916.358995>
- [31]: Alauddin Yousif Al-Omary, Mohammad Shahid Jamil: A new approach of clustering based machine-learning algorithm, ScienceDirect, 2006 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950705106000189>
- [32]: Microsoft hivatalos referencialeírása az ML.NET-ről, Letöltés dátuma: 2024. 08.18.: https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/machine-learning/resources/metrics?WT.mc_id=dotnet-35129-website
- [33]: Ajitesh Kumar: Micro-average, Macro-average, Weighting: Precision, Recall, F1-Score, Analytics Yogi, Letöltés dátuma: 2024. 08.18.: https://vitalflux.com/micro-average-macro-average-scoring-metrics-multi-class-classification-python/#What_Why_of_Micro_Macro-averaging_and_Weighting_metrics
- [34]: Microsoft hivatalos referencialeírása az ML.NET-ről, Letöltés dátuma: 2024. 08.18.: https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/machine-learning/how-to-guides/save-load-machine-learning-models-ml-net?WT.mc_id=dotnet-35129-website
- [35]: Microsoft hivatalos referencialeírása az SDCA-ról, Letöltés dátuma: 2024. 10.30.: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/api/microsoft.ml.standardtrainerscatalog.sdca?view=ml-dotnet>
- [36]: StackOverflow felmérése, Letöltés dátuma: 2024. 10.30.: <https://survey.stackoverflow.co/2024/technology#most-popular-technologies-new-collab-tools>

- [37]: Microsoft hivatalos referencialeírása az Roslyn-ról, Letöltés dátuma: 2024. 10.30.: <https://learn.microsoft.com/en-us/visualstudio/extensibility/dotnet-compiler-platform-roslyn-extensibility?view=vs-2022>
- [38]: [Visual Studio] — Differences between Debug and Release, Medium cikke, 2020, Letöltés dátuma: 2024. 10.30.: <https://hanzli.medium.com/visual-studio-differences-between-debug-and-release-f9ebf3aa7a01>