

Képfeldolgozó algoritmusok teljesítményértékelésére szolgáló online kollaborációs kutatási keretrendszer

TÓTH JÁNOS, HAJDU ANDRÁS

Debreceni Egyetem Informatikai Kar, Komputergrafika és Képfeldolgozás Tanszék
{toth.janos, hajdu.andras}@inf.unideb.hu

Kulcsszavak: képfeldolgozás, algoritmusok teljesítményértékelése, nyilvános adatbázisok, aszinkron verseny

Cikkünkben egy olyan kollaboratív keretrendszert mutatunk be, amelynek elsődleges célja, hogy segítse a képfeldolgozás területén dolgozó kutatókat az általuk fejlesztett algoritmusok tesztelésében megfelelően annotált képi adatbázisok biztosításával, valamint, hogy lehetővé tegye az algoritmusok teljesítményének standardizált körülmények között történő automatikus kiértékelését. Ez a kvantitatív kiértékelés lehetőséget ad az azonos funkciójú algoritmusok összehasonlítására és rangsorolására is. A keretrendszer működéséhez annak felhasználói annotált képi adatbázisokkal és azok validálásával járulhatnak hozzá.

1. Bevezetés

A képfeldolgozás területén dolgozó kutatócsoportokkal szemben egyre fokozódó elvárás, hogy az elért eredményeiket kvantitatívan is ellenőrizhető módon jelentsék. E cél elérésének érdekében két feltételnek kell teljesülnie. Az egyik, hogy a különböző kutatócsoportok ugyanazokon az adatokon tudják végezni a tesztjeiket, a másik pedig, hogy a kvantitatív kiértékeléshez kialakított protokollnak is azonosnak kell lennie. A fentiek szempontjából viszont problémát jelent az, hogy számos szakterületen nincs kellő mennyiségű vagy kellően különböző típusú, megbízható és a nyilvánosság számára is elérhető adathalmaz, valamint, hogy ezekhez sok esetben hiányoznak az ún. *ground truth* adatok. Azonban még abban az esetben is, ha a szükséges adathalmazok elérhetőek és a kiértékelési protokoll is azonos, akkor is előfordulhat, hogy a protokollt a különböző kutatócsoportok más-más módon hajtják végre, ami nagyban megnehezíti az eredményeik objektív összehasonlítását.

Cikkünk egy olyan teljesítményértékelési keretrendszert mutat be, amely megfelelően annotált adathalmazok biztosításával, valamint az egyes algoritmusok kimeneteinek azonos feltételek melletti és standardizált protokollok szerint történő kiértékelésével segíti a kutatókat a különböző képfeldolgozási (detektálási és osztályozási) feladatok megoldására szolgáló algoritmusaik fejlesztésében.

Munkánkat nagyban motiválta a Retinopathy Online Challenge [1], azonban a bemutatott keretrendszer jelentősen átfogóbb és általánosabb megközelítést nyújt annál. Elsődleges célunk a keretrendszer létrehozásával az volt, hogy lehetővé tegyünk széles társadalmi réteget érintő egészségügyi problémák megoldását célzó jövő internet alapú eHealth/mHealth rendszerek képfeldolgozó komponensei fejlesztésének támogatását.

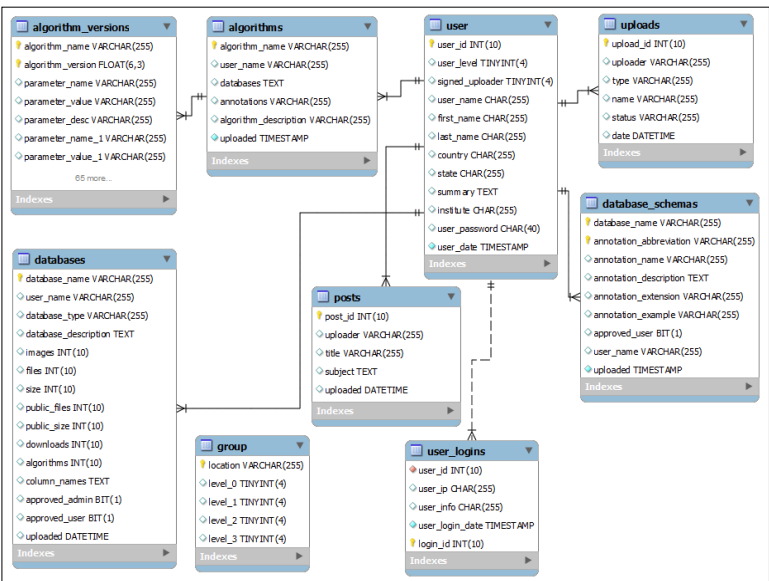
A továbbiakban először rövid áttekintést adunk a keretrendszer adatkezeléséről, majd bemutatjuk a keretrendszer felhasználói felületét és az azon keresztül elérhető rendszerfunkciókat. Ezt követően a felhasználók által feltöltött algoritmikus-kimenetek kiértékelésének módját mutatjuk be, végül pedig egy rövid összefoglalást adunk.

2. A rendszer adatkezelésének rövid áttekintése

Annak érdekében, hogy olyan teljesítményértékelő keretrendszert valósíthassunk meg, amely kellően általános ahhoz, hogy a legkülönbözőbb képfeldolgozó algoritmusokhoz is alkalmazható legyen, különválasztottuk a „nyers” adatok tárolását és azok strukturális leírását egymástól.

A rendszer ennek megfelelően két fő adatbázist tartalmaz: a rendszer működtetéséhez szükséges és a teljesítményértékeléshez használt adatokat tartalmazó adatbázist.

1. ábra A rendszer működtetéséhez szükséges adatbázis



Ahogy az 1. ábrán látható, a rendszer működtetéséhez szükséges adatbázis tartalmazza a felhasználókkal kapcsolatos összes információt és a különböző hozzáférési jogosultságokat, az adathalmazok sémaleírásait, valamint az algoritmusok leírását és az azok verziókövetéséhez szükséges adatokat is.

Az egyes adathalmazok sémaleírásai az azokban szereplő képekhez megadható annotációk nevéből, típusából, azok leírásából, valamint egy-egy példa-adatelemből állnak, továbbá tartalmazzák, hogy egy adott annotáció-típust milyen felhasználói jogosultságok birtokában lehet elérni, és hogy melyik felhasználó hozta azt létre. A rendszerben minden adathalmazt egy nyilvános és egy privát részre kell osztani: a nyilvános részhez tartozó képek és annotációk szabadon letölthetők a felhasználók által (pl. gépi tanuláson alapuló algoritmusok fejlesztéséhez), míg a privát rész annotációi csak a rendszer számára érhetők el és az algoritmusok kiértékeléséhez lesznek felhasználva.

Az algoritmus-leírások egy-egy algoritmus nevét, tulajdonosát, részletes leírását, paramétereit valamint az algoritmus által generált kimenet típusát tartalmazzák. A rendszer minden algoritmushoz automatikus verziókövetést biztosít, azaz lehetővé teszi ugyanazon algoritmus egy újabb verziója által generált kimenetek feltöltését is úgy, hogy a korábbi kimenetek is visszakereshetők maradnak. Könnyen belátható, hogy a rendszer e tulajdonsága kiemelten fontos, mivel így az egyes algoritmus-verziókhoz tartozó kiértékelési eredmények is reprodukálhatóvá válnak, amely kiemelten hasznos a tudományos publikációk írása során. Egy további értékes tulajdonsága a verziózásnak, hogy támogatja az algoritmusok paraméter-optimalizálását is, amennyiben az egyes verziók csak a paraméterek értékében térnek el egymástól.

A teljesítményértékeléshez használt adatbázis tartalmazza az összes feltöltött adathalmaz és annotáció nyers adatait a sémaleírások alapján automatikusan létrehozott táblákban, valamint a kiértékelendő algoritmus-kimeneteket is, amelyek táblái az algoritmus-leírások és a feltöltéskor megadott adatok alapján kerülnek előállításra (lásd a következő szakaszt).

3. A rendszer felhasználói felülete

A rendszer felhasználói felülete két fő komponensből áll: az adatbázis front-endjéből és egy adathalmaz-böngésző felületből.

3.1. Felhasználói szerepkörök a rendszerben

A rendszer az *adminisztrátor*, a *feltöltő* és az *általános felhasználó* fő szerepköröket különbözteti meg.

A regisztráció után minden felhasználó automatikusan az általános felhasználó csoportba kerül, azaz áttekintheti a rendszer által nyújtott szolgáltatásokat, listázhatja, böngészheti és letöltheti az egyes adathalmazokat és a nyilvánosan elérhető annotációkat, valamint megtekintheti az egyes algoritmusok teljesítményértékeléseit is. Az általános felhasználók a regisztráció után

igényelhetnek feltöltő szerepkört is. Azok a felhasználók, akik ebbe a csoportba tartoznak – az igényelt jogosultságaik függvényében – javasolhatnak vagy kiterjeszthetnek adathalmaz-sémákat és fel is tölthetnek új adathalmazokat, annotációkat és algoritmus-kimeneteket a rendszerbe. Végezetül, a rendszer adminisztrátorai teljes hozzáféréssel rendelkeznek a rendszer funkcióihoz és az abban tárolt adatokhoz.

3.2. Az adatbázis front-endje

Az adatbázis front-endje egy webes alkalmazásként került implementálásra, amely lehetővé teszi a rendszer felhasználói számára az adatbázisban történő navigációt és azon rendszerfunkciók használatát, amelyek a jogosultsági szintjükkel elérhetőek.

Adminisztrációs felület: A front-end biztosítja a szükséges eszközöket az adminisztrátorok számára a felhasználói fiókok, az adathalmazok, a sémák és az algoritmusok átfogó kezeléséhez, valamint az egyes rendszerfunkciók engedélyezéséhez és letiltásához.

A felhasználói fiókok esetében az adminisztrátoroknak lehetőségük van az egyes felhasználói regisztrációk elfogadására vagy elutasítására, a megfelelő szerepkörök és jogosultságok hozzárendelésére, valamint a fiókok törlésére. Az adathalmazok és sémák esetében az adminisztrátorok listázhatják és felülvizsgálhatják azokat, annak érdekében, hogy döntsenek azok elfogadásáról vagy elutasításáról, továbbá adathalmazok esetében lehetőségük van arra is, hogy a korábban már elfogadottakat új adatokkal egészítsék ki.

2. ábra
Egy újonnan feltöltött adathalmaz engedélyezése az adminisztrációs felületen

diaretdb12	
Uploader:	Csaba Kiss
Uploaded:	2014-07-28 15:15:19.0
Type:	Retina
Images:	89
Files:	1439
Public Files:	689
Size:	285.08 MB
Public Size:	218.34 MB
Description:	
Back Approval Delete	

Általános felhasználói és feltöltői felület: Az elérhető adathalmazok böngészésén és az algoritmusok teljesítményértékelésének megtekintésén kívül a felhasználóknak lehetőségük lehet továbbá adathalmazok feltöltésére, sémák javaslatára, annotációk létrehozására a rendszerben lévő adathalmazokhoz, valamint algoritmus-kimenetek feltöltésére is.

Új adathalmaz hozzáadásához a felhasználónak először ki kell választania egy már korábban definiált sémát, majd ki kell jelölnie, hogy az új adathalmaz ezek közül mely annotációkat tartalmazza, és végül meg kell adnia egy tömörített állományt, amely tartalmazza a képfájlokat és az azokhoz tartozó annotációkat. Abban az esetben, ha az adathalmaz nem kompatibilis a kiválasztott sémával, a rendszer visszajelzést ad a felhasználó számára a kijavítandó hibák listájával. Továbbá arra is van lehetőség, hogy az egyes annotációk privátként ke-

rüljenek megjelölésre kép vagy akár annotáció-típus szinten. A felhasználónak természetesen lehetősége van új annotációk feltöltésére is egy már létező adathalmazhoz annak kiválasztásával az adott sémához tartozó adathalmazok listájából.

Azon felhasználók, akik az algoritmusaik teljesítményét szeretnék kiértékelteni, az adathalmazok hozzáadásához hasonló módon tölthetik fel az algoritmusaik kimeneteit a rendszerbe. Ehhez a felhasználóknak először meg kell adni az algoritmus nevét és leírását, vagy ki kell választani egyet a korábban már hozzáadott algoritmusaik listájáról. Ezután ki kell választaniuk azt az adathalmazt, amelyen a futtatás történt, és meg kell adniuk, hogy milyen típusú kimenetet állított az algoritmus ehhez elő, végezetül pedig fel kell tölteniük egy tömörített állományt, amely magukat a kimeneteket tartalmazza.

A felhasználónak jogosultsága lehet ahhoz is, hogy sémákat ajánljon a különböző szakterületek adathalmazaihoz, megadva a séma nevét, az abban található annotációk számát, valamint minden annotációhoz annak nevét, rövidítését, leírását és típusát. A séma validációjának megkönnyítésének érdekében részletes sémaleírás és egy kapcsolódó publikációkat tartalmazó lista is megadható. A felhasználóknak továbbá fel kell tölteniük egy példa-adathalmazt is, amely legalább egy képfájl tartalmaz a sémának megfelelő annotációkkal együtt.

A rendszer minden felhasználója számára lehetőség van megtekinteni a saját profilját, ahol ellenőrizheti, milyen jogosultságokkal rendelkezik, kilistázhathatja azokat az adathalmazokat, sémákat, és annotációkat, amelyeket ő adott hozzá a rendszerhez és megtekintheti az ezekhez tartozó statisztikákat is. Továbbá, a felhasználók áttekinthetik a tevékenységnaplójukat, például hogy ellenőrizték, mely adathalmazuk vagy sémájuk vár engedélyezésre, lett elutasítva vagy törölve, valamint kezelhetik a személyes adataikat, például az e-mail címüket és jelszavukat is.

3.3. Az adathalmaz-böngésző felület

A rendszer adathalmaz-böngésző felülete lehetővé teszi a megfelelő jogosultságokkal rendelkező felhasználók számára, hogy az egyes adathalmazokban tárolt képeket és a hozzájuk tartozó annotációkat megjelenítsék, valamint hogy új annotációkat hozzanak létre. A rendszer e komponense is webes alkalmazásként lett megvalósítva, így a felhasználók akár mobiltelefonokról és táblagépekről is ugyan azokat a funkciókat tudják elérni. Az alkalmazás asztali környezetben kiegészítésre került kézgesztusokon alapuló vezérléssel is a minél hatékonyabb és intuitívabb interakció lehetővé tételének érdekében.

Képek böngészése: Miután a felhasználó kiválasztott egy adathalmazt, a rendszer kilistázza az abban tárolt képeket. Az adott adathalmazhoz beállított engedélyektől függően van a felhasználónak lehetősége ezeket annotációkkal együtt vagy azok nélkül megnyitnia.

Az alkalmazás főképernyője (3. ábra) a bal oldalon a kiválasztott képet, a jobb oldalon pedig az annotációk listáját jeleníti meg, amely dinamikusan töltődik fel annak függvényében, hogy milyen annotációk érhetőek el a felhasználó számára az adott képhez. A jobb oldali panel segítségével a felhasználó kiválaszthatja, hogy az eredeti képet vagy annak zöld csatornáját szeretné-e használni. Mindkét opció esetében elérhető a kontraszt-limitált adaptív hisztogram-kiegénylés (CLAHE) képjavító funkció. Fontos megjegyezni, az eredeti kép változatai nem a kliensoldalon állnak elő, hanem a kiszolgálóról töltődnek le szükség esetén. Az elérhető annotációk mint a vizualizáció egy-egy rétege kapcsolhatóak be és ki a megfelelő jelölőnégyzetekkel vagy egyszerre a panel megfelelő gombjaival. A bekapcsolt annotációs rétegek egymásra helyezése a kliens oldalon történik a minél jobb felhasználói élmény érdekében. Képalapú annotációk esetében az egyes rétegek áttetszősége, a

3. ábra Az adathalmaz-böngésző felület fő képernyője néhány bekapcsolt annotációs réteggel



koordináta-alapú annotációk esetében pedig a jelölő vonalvastagsága egy-egy csúszka segítségével szabályozható. Mindkét annotáció-típus esetében az azokhoz rendelt szín szabadon megváltoztatható egy felugró színválasztó panel segítségével.

Az összes fent említett funkció eseményvezérelt, azaz a változások dinamikusan kerülnek alkalmazásra a vizualizációra, így a felhasználó könnyen testre szabhatja azt az igényeinek megfelelően. A megjelenített kép nagyítható és kicsinyíthető, valamint szabadon mozgatható a megjelenítő kereten belül, így lehetővé téve az összetett annotációkat tartalmazó vagy/és nagy felbontású képek részletesebb vizsgálatát. A felület használhatóságának javítása érdekében a felhasználó adott sémához tartozó vonalszín, vonalvastagság és áttetszőség preferenciái a klienseszközön egy böngésző cookie formájában tárolásra kerülnek és az alkalmazás következő indításakor automatikusan beöltődnek. Az alkalmazás lehetővé teszi egy olyan kompozit kép exportálását is, amely tartalmazza az alapként választott képverziót és az afelett megjelenített annotációkat. E kompozit kép előállítását a szerveroldalon történik.

Képek annotálása: A megfelelő jogosultságokkal rendelkező felhasználóknak lehetőségük van új annotációk létrehozására a megnyitott képhez az annotációs panel jelölőeszközeinek használatával (4. ábra):

- pont: egy objektum reprezentatív pontjának vagy középpontjának jelölésére,
- kör és ellipszis: körszerű objektumok és régiók körvonalának jelölésére és
- poligon: tetszőleges alakú objektumok és régiók körvonalának jelölésére.

A rajzolási fázisban az objektumok és régiók minél pontosabb és kényelmesebb megjelölhetőségének érdekében a felhasználó nagyíthatja, kicsinyítheti és mozgathatja a képet, hasonlóan mint azok böngészése során.

Egy adott annotáció a mentés előtt szabadon szerkeszthető, törölhető és újrarajzolható ahányszor csak szükséges. A mentés előtt minden annotációhoz meg kell adni annak típusát, kiválasztva egyet az adott adathalmaz sémájában definiált típusok közül az annotációs panel megfelelő legördülő menüjéből, azonban új típusok definiálására nincs lehetőség e felületen keresztül. A különböző annotációk könnyebb megkülönböztetőségének érdekében azokhoz egyedi vonalszínek rendelkezhetők, amely beállítások perzisztensek a felhasználói munkamenet teljes ideje alatt. Az annotálás befejezését követően a felhasználó elmentheti az annotációkat a rendszer adatbázisába vagy exportálhatja azokat a kliens eszközre.

A rendszerben eltárolt annotációk a többi felhasználó számára csak azután válnak elérhetővé, hogy egy adminisztrátor áttekintette és jóváhagyta azokat.

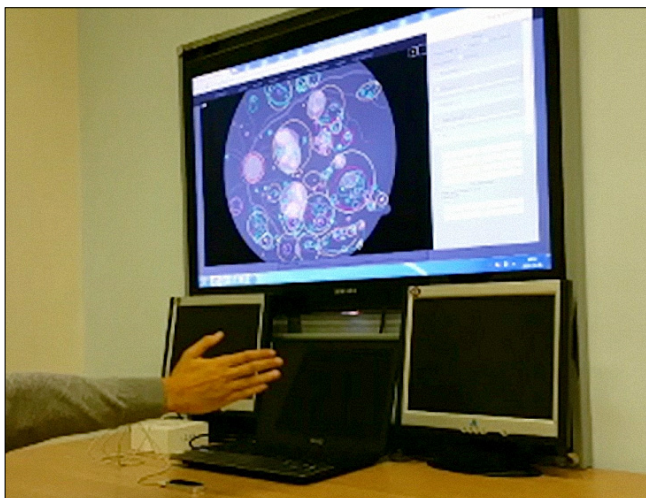
A fenti módon a rendszer azon felhasználói, akik például egy adott terület szakértői új annotációkat készíthetnek az adathalmazokban tárolt képekhez, annak érdekében, hogy megbízható ground truth-t biztosítsanak az algoritmusok kiértékeléshez, valamint hogy új objektumokat jelöljenek meg a korábban már annotált képeken.

Gesztusvezérlés: Az utóbbi években a gesztusvezérlés az ember–számítógép interakció egyre elterjedtebb módjává vált, és ma már olyan területeken is alkalmazák, mint a szórakoztató-elektronikai eszközök irányítása [2] vagy a műtétek során történő képi navigáció [3]. A célunk a gesztusvezérlés alkalmazásával az volt, hogy minél természetesebbé és hatékonyabbá tegyük az adathalmaz-böngésző kezelését, mind a képek böngészése, mind azok annotációja során.

A gesztusvezérlés megvalósításához a Leap Motion Controller-t (LMC) [4] választottuk, mivel ez felelt meg a legjobban a céljainknak az elérhető megoldások közül. Az LMC egy kisméretű, USB 2.0 csatlófelületű eszköz,

4. ábra Egy retinafelvétel annotálása az adathalmaz-böngésző felületen keresztül





5. ábra Gesztusvezérlés az adathalmaz-böngészőben

amely előre definiált objektumok pozícióját követi egy jobbsodrású térbeli derékszögű koordináta-rendszerben, amelynek origója az eszköz tetejének közepén található. Az összegyűjtött adatok elemzése és a koordináták meghatározása a csatlakoztatott számítógépen történik. A gyártó cég szerint az eszköz 150 fokos látószöggel rendelkezik és képes követni a kezek és az egyes ujjak mozgását akár 10^{-2} mm-es pontossággal 290 kép/másodperc sebességgel 25 és 600 mm távolságon belül az eszköz fölött, azaz alkalmas apró kézmozdulatok felismerésére is egy átlagos irodai környezetben. Weichert és munkatársai 2013-as tanulmányukban [5] megmutatták, hogy az LMC mozgáskövetési pontossága jobb, mint az azonos árkategóriájú hasonló célú más eszközöké. A gesztusvezérlés implementálásához az LMC JavaScript SDK-ját és a LeapJS könyvtárat használtuk, amelyek elérhetőek a Leap Motion weboldalon [6].

Azzal, hogy a leggyakrabban végzett műveletekhez kézgesztusokat rendeltünk, elsősorban arra törekedtünk, hogy fokozzuk a feladatvégzés hatékonyságát, szükségtelemné téve a billentyűzet és az egér használatát az esetek többségében. Az alkalmazás jelenlegi verziójában használható kézgesztusokat az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat

Az adathalmaz-böngésző által támogatott gesztusok listája

Művelet	Kézgesztus
A következő kép megnyitása	Balra seprés
Az előző kép megnyitása	Jobbra seprés
Nagyítás/Kicsinyítés	Szét-/Összezsíppentés
Nagyított kép mozgatása	Koppintás és mozgatás
Annotációk be- és kikapcsolása	Tenyér nyitása/zárása
Új annotáció létrehozása	Kör rajzolása

A jövőben azt tervezzük, hogy kiegészítjük ezeket egy teljes kézgesztusokon és koppintáson alapuló vezérléssé, amely az annotációs felület összes jelölő eszközét támogatja majd, valamint lehetővé teszi az annotációk interaktív módon történő kinyerését is egy pont kiválasztásával a képen.

4. Automatikus algoritmus-kiértékelés

Ahogy a korábbi szakaszokban már említésre került, a keretrendszer egyik fő célja, hogy megbízható és standardizált teljesítményértékelést nyújtson képfeldolgozó algoritmusok számára. Ehhez elsődlegesen biztosítani kell, hogy a kiértékelés a kapcsolódó szakirodalomban általánosan elfogadott módszerek szerint történjen [7]. Ennek érdekében a rendszerben implementálásra kerültek a képfeldolgozás területén leggyakrabban használt kiértékelő összefüggések, így az algoritmusok teljesítményének mérése mindig a legmegfelelőbb módon történhet.

A rendszerbe az egyes képekhez tartozó kézi annotációk és az algoritmusok által generált kimenetek egyszerű szöveges állományok, valamint bináris vagy szűrkeskálás képek formájában kerülnek be. A szöveges állományokban leggyakrabban címkéket (pl. igaz/hamis), képpontok vagy poligonok koordinátáit, valamint koordinátpárokat és egy ezekhez tartozó sugarat és/vagy konfidencia értékeket találunk. Abban az esetben, ha az adott algoritmus a kép a feldolgozás szempontjából érdekes részeit szegmentálja, az eredmény egy bináris maszk lesz, amely egy vagy több különböző alakú foltot tartalmaz. Ha a kimenet ezen felül konfidencia-értékeket is tartalmaz a szegmentáláshoz, akkor szűrkeskálás képek állnak elő.

Ahhoz, hogy az egyes algoritmusok kiértékeléséhez használt összefüggéseket (mint például a szenzitivitás, specifitás, pontosság, pozitív prediktív érték, negatív prediktív érték, F-score, valamint a ROC/fROC görbék [8, 9] és az alattuk lévő terület) kiszámíthassuk, először az olyan alapvető statisztikák definiálására van szükség, mint a *valós pozitív (VP)*, *hamis pozitív (HP)*, *valós negatív (VN)* és *hamis negatív (HN)*. Általánosságban ezek a statisztikák interpretálhatóak úgy, mint helyes/helytelen azonosítás (*VP/HP*) és helyes/helytelen elvetés (*VN/HN*).

Egy egyszerű bináris osztályozási feladat esetében ezek a statisztikák könnyen definiálhatóak. Például, ha egy algoritmus egy elváltozástípus jelenlétét keresi egy orvosi felvételen és kimenetként egy igen/nem címkét ad. Azonban, ha egy algoritmus koordinátpárokat generál kimenetként, akkor a kiértékelés már a manuális annotációval megadott koordinátáktól mért euklideszi távolság alapján történik. Abban az esetben pedig, amikor a rendszer két foltszerű alakzatot hasonlít össze Hausdorff-távolság, matematikai morfológián alapuló távolság vagy akár inverz távolság alkalmazására is szükség lehet. Végezetül, ha a mért távolság kisebb, mint egy előre definiált érték, akkor a kimenetet helyesként, ellenkező esetben pedig helytelenként kell kezelni.

A rendszerben a *VP*, *HP*, *VN* és *HN* statisztikák értelmezése – a fentieket figyelembe véve – a kimenet típusa alapján automatikusan történik. Azonban, mivel a keretrendszer úgy lett megtervezve, hogy tetszőleges képfeldolgozási probléma megoldására szolgáló algoritmusok kiértékelését is lehetővé tegye, így lehetőség van a fenti statisztikák újradefiniálására is egy erre szolgáló felületen keresztül.

Ez a teljesítményértékelési módszer csak akkor alkalmazható hatékonyan, ha az annotációk mindössze egy része (az ún. tanulóhalmaz) nyilvános, míg a másik része (az ún. teszhalmaz) kizárólag a kiértékelő rendszer számára érhető el. Az annotációk tanuló- és teszhalmazokra történő felosztására azok feltöltése során van lehetőség az egyes képekhez tartozó annotációk privátként történő megjelölésével, illetve ha ez elmarad, a rendszer automatikusan végzi el a felosztást.

A rendszer minden felhasználójának lehetősége van arra, hogy megtekintse az egyes algoritmusok teljesítményértékelését és az azonos funkcionalitású algoritmusok különböző statisztikai mérőszámok szerinti rangsorát egy erre dedikált felületen.

5. Összefoglalás

Cikkünkben egy olyan online keretrendszer működését ismertettük, amely lehetővé teszi a különböző kutatócsoportok által fejlesztett algoritmusok aszinkron versenyt. A rendszer biztosítja, hogy az egyes algoritmusok futtatási eredményeinek kiértékelése minden esetben azonos körülmények között és ugyanazon tesztadatok felhasználásával történjen, valamint, hogy a kutatócsoportok folyamatosan nyújthassanak be új eredményeket. Az algoritmusok kiértékelésén túl a rendszer lehetővé teszi a felhasználói számára, hogy különböző új képi adatbázisokat, valamint azokhoz tartozó annotációkat tegyenek közzé. Bemutattuk, hogy hogyan történik a tárolt adatok kezelése, hogy milyen funkciók érhetőek el a rendszer felhasználói felületén keresztül, és hogy milyen módon támogatja a rendszer a tisztességes versenyt az algoritmusok objektív teljesítményértékelésével.

A szerzőkről



TÓTH JÁNOS 2010-ben szerzett okleveles programtervező matematikus diplomát a Debreceni Egyetem Informatikai Karán. Jelenleg a Debreceni Egyetem Informatikai Tudományok Doktori Iskolájának hallgatója.



HAJDU ANDRÁS 1996-ban szerzett matematikus, matematikatanár és angol szakfordító diplomát, majd 2003-ban PhD fokozatot; 2008-ban habilitált. 2008-tól egyetemi docens, 2011-től tanszékvezető a Debreceni Egyetem Informatikai Karán. A Magyar Képfeldolgozók és Alakfelismerők Társaságának jelenlegi elnöke, az IEEE SPS társaságának szenior tagja; 34 folyóiratcikk és 84 konferenciakikk szerzője.

Irodalomjegyzék

- [1] M. Niemeijer et al., "Retinopathy Online Challenge: Automatic Detection of Microaneurysms in Digital Color Fundus Photographs," *IEEE Trans. Med. Imaging*, Vol. 29, no. 1, pp.185–195, 2009, doi: 10.1109/TMI.2009.2033909.
- [2] S. Lian, W. Hu, and K. Wang, "Automatic User State Recognition for Hand Gesture Based Low-cost Television Control System," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Vol. 60, no. 1, pp. 107–115, 2014, doi: 10.1109/TCE.2014.6780932.
- [3] M. G. Jacob, J. P. Wachs, and R. A. Packer, "Hand-gesture-based Sterile Interface for the Operating Room Using Contextual Cues for the Navigation of Radiological Image," *J. Am. Med. Inform. Assoc.*, Vol. 20, no. 1, pp.183–186, 2012, doi: 10.1136/amiajnl-2012-001212.
- [4] Leap Motion Controller, <https://www.leapmotion.com/product>
- [5] F. Weichert et al., "Analysis of the Accuracy and Robustness of the Leap Motion Controller," *Sensors*, Vol. 13, no. 5, pp.6380–6393, 2013, doi: 10.3390/s130506380.
- [6] Leap Motion Developer Portal, <https://developer.leapmotion.com/>
- [7] J. Swets, "Measuring the Accuracy of Diagnostic Systems", *Science*, Vol. 240, no. 1, pp.1285–1293, 1988, doi: 10.1126/science.3287615.
- [8] T. Fawcett, "An Introduction to ROC Analysis", *Pattern Recogn. Lett.*, Vol. 24., no. 8, pp.861–874, 2006, doi: 10.1016/j.patrec.2005.10.010.
- [9] D. P. Chakraborty, "Clinical Relevance of the ROC and Free-response Paradigms for Comparing Imaging System Efficacies", *Radiat. Prot. Dosimetry*, Vol. 139. no. 1, pp.37–41, 2010, doi: 10.1093/rpd/ncq017.