BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
VEGYÉSZMÉRNÖKI ÉS BIOMÉRNÖKI KAR
OLÁH GYÖRGY DOKTORI ISKOLA

Élelmiszer profilanalízis informatikai támogatása

Tézisfüzet

Szerző: **Heszberger János**

Témavezető: **Kollárné Dr. Hunek Klára**

Konzulens: **Dr. Kókai Zoltán**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék

2009.

Bevezetés

Piaci szempontból az élelmiszeripari termékek egyik legfontosabb jellemzője az érzékszervi minőség, amelynek vizsgálatainál a „mérőműszerek” az emberek érzékszervei. Az érzékszervi bírálatok kiértékelése szinte mindig nagyméretű adathalmazok kezelését igényli, ami megfelelő informatikai támogatás nélkül elképzelhetetlen.

A fogyasztói tesztekben már a bírálók száma is nagy, hogy az egyes fogyasztói csoportok statisztikailag megfelelően legyenek reprezentálva. Bár egy szakértői bíráló csoportban általában csak 10-20 bíráló vesz részt, a tulajdonságok száma lehet nagy. A magas szintű informatikai támogatás itt azért is szükséges, hogy a bíráló csoportnak az eredmények a bírálati folyamat befejezése után gyakorlatilag azonnal bemutathatók legyenek – ez a rutinszerű vizsgálatoknál is fontos, a bírálók rendszeres képzésekor pedig elengedhetetlen.

A szakértői tesztek közé tartozik az élelmiszer profilanalízis, melynek támogatására – a hozzáférhető, és a célnak esetlegesen megfelelő szoftverek tanulmányozása után – témavezetőmmel és konzulensemmel a ProfiSens, Visual Basic for Excel nyelvű szoftver kifejlesztése mellett döntöttünk. A programfejlesztési döntés egyik legfontosabb szempontja az volt, hogy olyan eszközökkel biztosítsuk a lehető legteljesebb IT támogatást a profilanalízis minden lépéséhez, amely eszközök mind az oktatói/kutatói, mind egy átlagos ipari környezetben elérhetőek.

A profilanalízis-panel megbízhatósága különös jelentőségű a preferencia-térképezésekben, amely módszert a piackutatásban alkalmazzák: egyes termékek fogyasztói célcsoportok általi elfogadásának érzékszervi okait vizsgálják a fogyasztói kedveltségi vizsgálatok és a laboratóriumi körülményeket igénylő leíró tesztek eredményei közötti összefüggések meghatározásával. Ezért a szakértői bírálat résztvevői számára szemléletes panel megbízhatósági teszt módszer elméletének kidolgozását, és a több éves fogyasztói teszt-sorozatok statisztikai elemzéséből származó eredmény-sorozatok szemléletes megjelenítésének megoldását is célomul tűztem ki.

A megbízhatósági teszt kifejlesztésében a ProfiSens rendszeres – kutatási, oktatási, majd ipari – alkalmazásainak eredményeire, a fogyasztói teszt-sorozatok megjelenítési módszerének megalkotásában pedig korábbi, a kétdimenziós alapszimplex fölött értelmezett felületek ábrázolásában elért eredményeimre[1] támaszkodtam.

Irodalmi háttér

[1] Heszberger János: Kémiai egyensúlyi adatok függvényközelítési és megjelenítési-szoftver problémái, MKE és „Kreativitásért” díjas diplomamunka, BME, VEK, 2001

Irodalmazási munkámban tanulmányoztam az érzékszervi minősítő módszerek és a teszt-eredmények statisztikai értékelésének irodalmát, áttekintettem az élelmiszer érzékszervi vizsgálatok informatikai támogatására szolgáló szoftvereket, valamint irodalmaztam a profilanalízis vizsgálatok szakmai paneljének megbízhatóságát vizsgáló módszerek területén.

Érzékszervi minősítő módszerek és kiértékelésük matematikai statisztikai alapjai

Az érzékszervi minősítő módszerek különbségvizsgálati, rangsorolásos és leíró–értékelő módszercsoportokra bonthatók. Az egyes csoportokhoz tartozó vizsgálatok követelményeit szabványok írják elő. A legfontosabb módszerek elméleti hátterének és alkalmazási területének bőséges irodalmát tekintettem át, és gyakorlatilag minden módszer leírásánál alapul vettem Meilgaard, Civille és Carr érzékszervi vizsgálatok kivitelezéséről és értékeléséről szóló Sensory Evaluation Techniques című „alap könyvét”[2]

Doktori munkámban elsősorban a profilanalízissel, valamint rangsorolásos fogyasztói tesztekkel foglalkoztam, így itt csak ezeket ismertetem röviden.

Az *érzékszervi profilok kialakítása* többlépcsős folyamat, amely a bírálóktól csoportos munkát, konszenzust és következetességet kíván. A folyamat első lépéseként a bírálatvezető ismerteti az érzékszervi vizsgálat célját, a módszer lényegét, valamint a csoport által elvégzendő feladatokat. A második szakaszban minden bíráló ugyanazon kódokkal ellátott mintasort kap. Ezt követően több lehetőség is van, melyek közül itt csak az általam is használt QDA módszernek nevezett változatot ismertetem. Ennek további lépései az alábbiak:

- A bírálók egyénileg listát készítenek a minták észlelt érzékszervi jellemzőiről, majd a csoport összesíti az egyes tagok által feljegyzett tulajdonságokat, és meghatározza az egyes leíró kifejezésekhez tartozó értékelési módszert is.
- A minősítési rendszer kialakításának végeztével a bírálatvezető és az asszisztencia elkészíti a bírálati lapokat, előkészíti a kódolt vizsgálati mintákat, majd a bírálók önállóan, mintegy mérőműszerként értékelik az egyes érzékszervi jellemzők intenzitását.
- A minták minősítésének befejezését a bírálati adatok összegyűjtése követi, melynek befejeztével az eredmények több lépcsőben történő statisztikai értékelése következik.

A profilanalízis-eredmények statisztikai értékelésénél legfontosabb az egyfaktoros variancia analízis (ANOVA), mely jól ismert módszerrel eldönthető, hogy az egyes minták ugyanazon statisztikai sokasághoz tartozónak tekinthetők-e.

[2] Meilgaard, M., Civille, G.V., Carr, B.T. Sensory evaluation techniques, CRC Press, Inc., 2000.

A valódi *rangsorolás* bővített különbségvizsgálat, akkor használják, ha egyszerre kettőnél több minta összehasonlítására van szükség. A bírálók az egyes mintákat a rendelkezésre álló rangszám-halmazból egy-egy értéket hozzájuk rendelve rendezik sorba. E módszerek a bírálók választási lehetőségei alapján két csoportba oszthatók. Kötelező választásnak nevezik, ha a bírálótól különböző rangszámot kell kapnia minden mintának. A másik csoportba tartozó rangsorolásos módszereknél megengedett a kötés, azaz a bíráló két vagy több (számára nem megkülönböztethető) mintának azonos rangszámot is adhat.

Amennyiben több jellemzőre kell megvizsgálni a mintasorozatot (pl. íz és küllem kedveltségi rangsor), egymástól függetlenül kell a rangsorolásos teszteket elvégezni, különböző kódsorozatokat rendelve a mintákhoz. A fogyasztói rangsorolásos teszt eredmények, és a célszerűen hozzájuk tartozó bírálói csoportokat leíró válaszok kiértékelésére többféle statisztikai módszer használatos. Mivel ezen a területen az én kutatómunkám nem az egyébként jól ismert módszerekkel (Friedman teszt, különböző típusú változók közötti korreláció-analízis) való kiértékelésekre, hanem a statisztikai értékelések eredményeinek megjelenítésére irányult, ezeket a statisztikai módszereket nem ismertetem.

Az érzékszervi bírálatok informatikai támogatása

A rendelkezésre álló eszközök szerint az érzékszervi bírálatok informatikai támogatásában három szint különítethető el. Alapszinten a bírálati lapok kitöltése papíron történik, az adatok kézi adatbevitel után kerülnek kiértékelésre, csak a kiértékelésnél használnak (általában statisztikai) szoftvert. A következő szinten a bírálati lapokat szkennerrel viszik be a számítógépbe, képekként, majd ezt az adatbevitelt kézírásos karakterfelismerő program futtatása követi. Magas szintű támogatottság esetén a számítógéppel megtervezett és létrehozott kérdőívek nem kerülnek ki a kibertérből nyomtatással, illetve vissza szkenneléssel. A bírálók a bíráló fülkében számítógép monitoron látják a bírálati lapokat, és közvetlenül a számítógépen töltik ki azokat. A bírálati lapok szétosztása, összegyűjtése számítógép hálózaton keresztül történik, és természetesen a kiértékelést is célszoftver végzi.

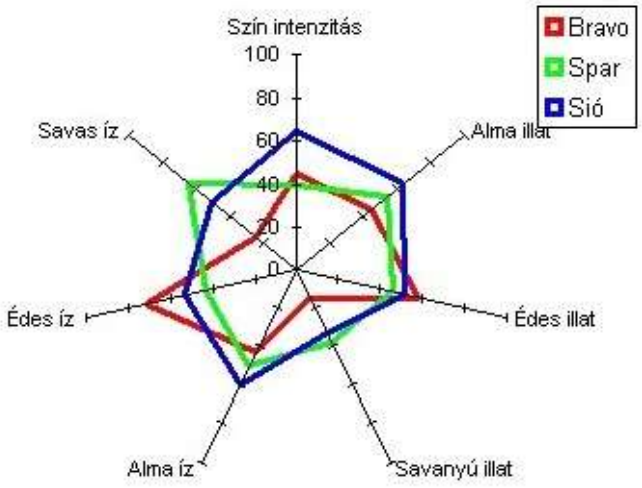
A kutatásaimban a következő, kereskedelmi forgalomba került, vagy szabadon letölthető érzékszervi bírálatokat támogató szoftverekkel foglalkoztam: Demo lemezéről tanulmányoztam a Compusense-t, amely 1986-tól kezdve az érzékszervi bírálatok támogatására létrehozott egyik vezető szoftver, bár EDU használati jogának megvásárlása is több millió Ft-os nagyságrendű. Foglalkoztam a SIMS 2000 (USA), PSA (Nyugat–Európa), Sensorex, Taste (Nagy–Britannia), Senpak, Senstools, Senstat, SensoMiner és PanelCheck szoftverekkel, mely utóbbi kettő már szabadon is letölthető.

Profilanalízis bíráló panel megbízhatóságának vizsgálata

Áttekintve az irodalomban az élelmiszer profilanalízis szakmai paneljének minősítésére vonatkozó módszereket, azt tapasztaltam, hogy bár a főkomponens analízisen alapuló eljárások alkalmazását gyakran szükségesnek tartják, de ritkán használják, és így ritka a profilanalízis rutinszerű kiegészítése a szakmai panel ilyen minősítésével. Átgondolva a főkomponensek matematikai megfeleltetését a ténylegesen vizsgált tulajdonságoknak (előbbiek lineáris kombinációiról[3] van szó, melyekből a korrelációs mátrix sajátértékeinek csökkenő sorrendjében választjuk ki a figyelembe venni kívántakat), egyértelművé válik miért olyan gyér az alkalmazás: a szakmai panel számára a főkomponensek nem szemléletesek, nehezen köthetők a vizsgált tulajdonságokhoz. Tulajdonképpen az ANOVA módszer alkalmazása lenne a legegyszerűbb, ennek viszont a célnak megfelelő megjelenítése problémás[4].

A profilanalízis legszemléletesebb eredmény-megjelenítése a profil-poligon. Ez az az ábra-típus, amelyen a bírálók az egyes minták különbözőségét vagy hasonlóságát a bírálatok kiértékelése után tulajdonságonként is világosan látják.

Egy almalé profilanalízis eredményeit mutatja a 1. ábra – látható, hogy a poligonok alakja eltérő.



1. ábra: Almalé minták profilpoligonjai

Érdekes, hogy az egyes bírálókhoz tartozó profilpoligonok – mint síkbeli geometriai alakzatok – megbízhatóság-vizsgálati alkalmazásával részletes irodalmazásom során sehol nem találkoztam. Pedig a fraktáloknál a terület/kerület arány számítást mesterséges intelligencia területen, gépi látás témában már régen használják. Egy biológiai ipari példát is találtam erre: Taiwani kutatók[5]. szállítószalagon érkező szárított shitake gombák válogatásánál a törött kalapok automatikus felismerésére használták, a CCD kamerával

[3] Forsythe-Cleve, G.E., Moler, B.: Lineáris algebrai problemák megoldása számítógéppel. Műszaki könyvkiadó, Budapest, ISBN 963 10 1261 1, 1976.

[4] Chabanet, C.: Statistical analysis of sensory profiling data. Graphs for presenting results, Food Quality and Preference, 11, p159-162, 2000.

[5] Ho-Hsien, C., Ching-Hua, T.: The development of a machine vision system for shitake grading, Journal of Food Quality, Vol. 27, p352-365, 2004.

készített kép feldolgozása során számított gombakalap terület/kerület arányát. Nagyon jó eredményeket értek el a módszer ellenőrzésénél, a helyes döntések aránya jobb volt, mint amikor élő személy végezte a csoportosítást.

A kutatómunkám fő elméleti részét jelentő GCAP módszer a profilpoligon geometriai tulajdonságainak vizsgálatán alapul: annak terület/kerület arányát és geometriai súlypontját vizsgálja. Innen is származik elnevezése: az angol **G**ravity **C**entre és **A**rea/**P**erimeter szavak kezdőbetűiből képzett betűszó.

Itt, az irodalmi áttekintésben azokat a módszereket ismertetem, amelyekkel a GCAP módszer eredményei alapján minősítési osztályozást lehet létrehozni, vagy a GCAP bemenő adatait az adott irodalmi módszerrel vizsgálva a módszer tesztelésére nyílik lehetőség.

Az irodalomban sokféle osztályozó algoritmussal találkoztam, ezek közül a tanító adathalmazt nem igénylő iterációs módszerek alkalmasak a bírálók minősítésére. Ezért a megvalósítás bonyolultságát és az eredmények szemléletes bemutatásának szempontjait figyelembe véve, két klaszterező módszert választottam, egy hierarchikus klaszterezést, a Dendrogram módszert, és egy nem hierarchikusat, a K-közép klaszterezést.

A K-közép klaszterezés olyan geometriai optimalizáló algoritmus, ami a magpontok és a kiindulási pontok távolság minimalizálását valósítja meg a kiinduláskor generált magpontok megfelelő algoritmus szerint elmozgatásával mindaddig, amíg azok adott hibahatárt tekintve már nem mozdulnak el számottevően[6].

A Dendrogram módszer az adatrendszer pontjait az egymástól mért távolság alapján rendezi egy bináris fa ágaira függesztve. Agglomerativ csoportosító algoritmus, nagyon gyakran AHP-nek (Analitical Hierarchical Process, többszintű csoportelemzés módszer) is nevezik[7]. Előnye az egyszerű megvalósíthatóság és könnyen áttekinthető, szemléletes ábrát ad. Hátránya, hogy ha a kapott dendrogramot szintenként tárolni akarjuk, az elég nehéz rekurzív algoritmus fejlesztési feladattá válik, és nagy a memória igénye

A CRRN módszer (Compare Ranks with Random Numbers) teljesen új, még alig van irodalma.[8] Munkám szempontjából az a lehetséges alkalmazási területe fontos, amikor az n dimenziós mérési (bírálati) pontjainkat abból a szempontból vizsgáljuk, hogy az összes mérési

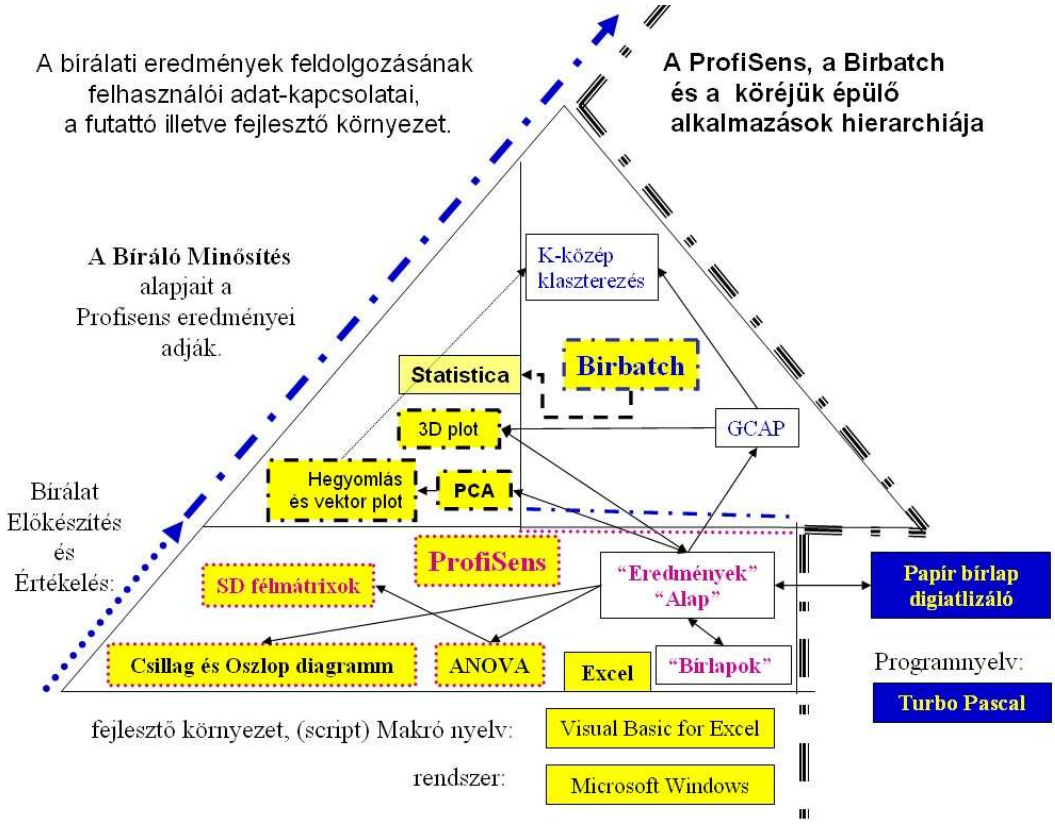
[6] Füstös, L., Kovács, E., Meszéna, Gy., Simonné, M. N., Alakfelismerés (Sokváltozós statisztikai módszerek), ÚMK, Budapest, 2004.
[7] Fogliatto, F.S., Albin, S.L.: An AHP-based procedure for sensory data collection and ananalysis in quality and reliability application, Food Quality and Preference, 14, 375-385, 2003.
[8] Héberger, K., Kalivas, J.H.: Comparison of methods for selecting chromatographic columns, Proc. of 11th Int. Conference on Chemometrics in Analytical Chemistry, 3, p259, Cemagref-Montpellier SupAgro, 2008.

pont „egy csoportba” sorolható-e. A CRRN módszer azon alapul, hogy képezünk egy „átlag” vektort a pontsorozat koordinátánkénti átlagaiból, majd a mérési pontsorozathoz ugyanolyan dimenziójú véletlen vektor-sorozatot állítunk elő. Az így kiegészített adatmátrixnak a sorait rendezzük az „átlag” vektor elemei szerint, majd oszloponként vizsgáljuk, a monotontól eltérő sorrendeket, amelyekből a „rangszámkülönbség”-ek összege minősíti a mátrix egyes oszlopvektorait.

Kísérleti és számítási módszerek

Doktori munkámban a kísérleti és számítási módszerek egybevonhatók. Szoftvert készítettem, amely munka a fejlesztés fázisában mind „kísérletet”, mind pedig számításokat igényel. A kifejlesztett szoftver rendszeres kutatási, oktatási, majd ipari alkalmazása ismét kísérletsorozatnak tekinthető, mely kísérletsorozat megalapozta további elméleti munkámat, amelyben három új módszert dolgoztam ki. Maga a kísérleti (és számítási) módszer tehát minden esetben egy Visual Basic for Excel, vagy egy Turbo Pascal kód megírása volt, mely kódokat a kísérlet befejező lépéseként valós vagy szimulált adatokkal teszteltem.

Itt most egy áttekintő ábrában az első (és egyben alap) szoftverem, a ProfiSens tervezett céljait és megvalósított funkcióit, valamint a program adat-kapcsolatait, fejlesztői környezetét és modul-hierarchiáját foglalom össze.

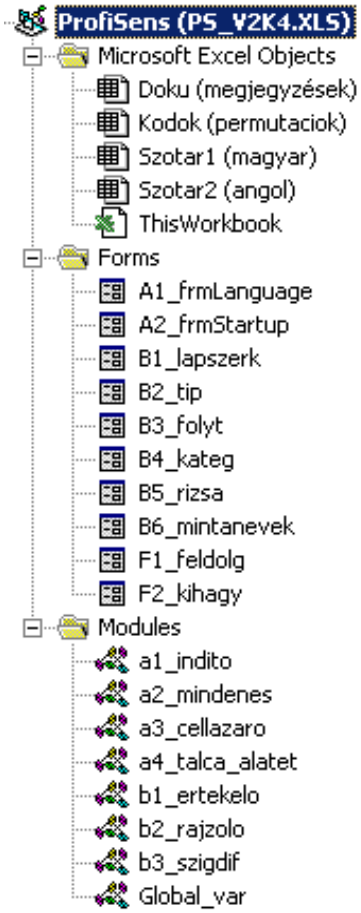


2. ábra: A ProfiSens adat-kapcsolatai, fejlesztői környezete és modul-hierarchiája

Eredmények

Kutatómunkám eredményeit három téma köré csoportosítva (ProfiSens, GCAP és háromszögön értelmezett vizualizáció) foglalom össze.

A **ProfiSens** létrehozásával a profilanalízis szakértői érzékszervi bírálati módszer magasszintű informatikai támogatását valósítottam meg. On-line tulajdonság adatbázisával támogatja a bírálat menetére irányuló csoportos megbeszélést, létrehozható vele az elektronikus bírálati lap-sorozat, amely lapok lokális hálózaton (LAN) keresztül szétoszthatók, a munkaállomásokon való kitöltés után hálózaton keresztül begyűjthetők, és önállóan is működtethető feldolgozó modulja elvégzi a szükséges statisztikai elemzéseket, valamint megjeleníti a bírálati eredményeket. A program maga teszteli az MS Excel nyelvi verzióját, és indításakor ettől teljesen függetlenül megválaszthatjuk a párbeszéd-ablakokon keresztüli kommunikáció nyelvét (magyar vagy angol).



3. ábra: a ProfiSens objektumai

A 3. ábra a 2003. novembere óta éles bírálatokban (kutatásban és oktatásban) is folyamatosan használt ProfiSens verzió objektumait mutatja

A négy munkalap tartalmazza
- az alap-dokumentációt (megjegyzések),
- a háromjegyű véletlen mintakódok alapadatait (permutációk)
- a szótár-lapokat (magyar ill. angol)

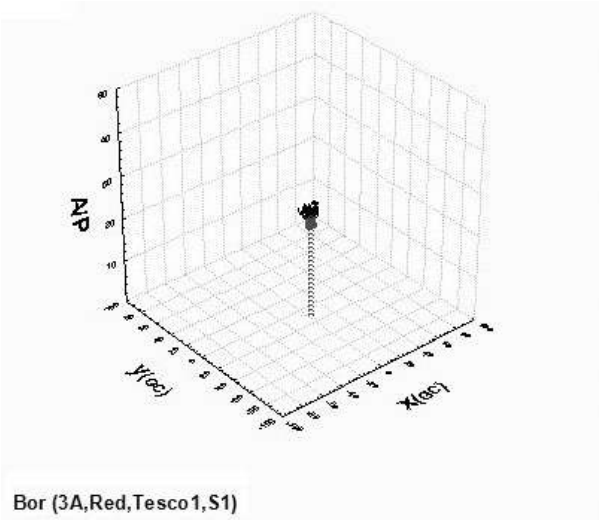
A tíz UserForm irányítja
- a kommunikációs nyelv-választást (A1)
- a lapszerkesztés/feldolgozás közti választást (A2)
- a bírálati lapok szerkesztését („B” jelű UserFormok)
- az értékelést („F” jelű UserForm-ok)

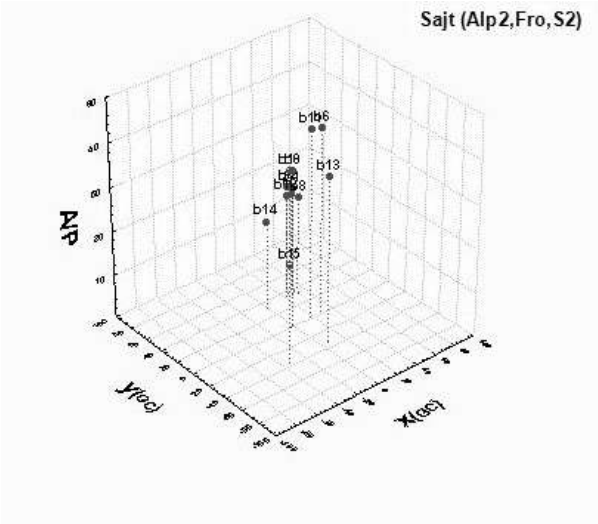
A nyolc modul szerepe
- a globális változók definiálása (Global_var)
- a bírálati lapok és tálcaalátétek szerkesztése („a” jelű modulok)
- az elektronikusan kitöltött és hálózaton összegyűjtött bírálati lapok kiértékelése („b” jelű modulok)

A 2006-ban megkezdődött ipari alkalmazások következményeképpen mára további két UserForm-mal egészítettük ki a programot, melyek közül a PSCommander-t (a tulajdonság-adatbázis irányítására) még én terveztem és hoztam létre, de 2006 folyamán az ipar által kért

további ProfiSens fejlesztéseket teljesen átvette tőlem Papp Eszter, hogy én a panel megbízhatósági vizsgálatok elméleti kutatásával és ezen terület eredményeinek gyakorlati bevezetésével foglalkozhassak.

GCAP módszerem a profilanalízisben résztvevő bírálókat minősíti. A szakértői érzékszervi bírálatok megbízhatósága, mivel itt a bírálók száma nem nagy, az egyes bírálók megbízhatóságára épül. Tehát ajánlatos a szakmai panelt minél gyakrabban, ha lehetséges minden profilanalízis vizsgálat során minősíteni. Egy új és gyors grafikus megbízhatósági tesztet dolgoztam ki, melyet az alapjául szolgáló, profilpoligonra vonatkozó súlypont (**G**ravity **C**entre) és terület/kerület (**A**rea/**P**erimeter) arány számításról neveztem GCAP módszernek. Ha a csoport egyes bírálóihoz tartozó profilpoligonok GC pontjait bejelöljük a derékszögű koordinátarendszer *x-y* síkjába, majd harmadik koordinátaként a poligon A/P arányát adjuk meg, az általam definiált GCAP ábrát kapjuk, melyekből kettőt mutat a 4. ábra és az 5. ábra.





4. ábra: Vörösbor GCAP ábrája *5. ábra: Sajt GCAP ábrája*

A két ábrából azonnal látható, hogy a vörösbort bíráló szakmai panel kiváló munkát végzett, a sajtbírálók, egy szoftver-bemutató résztvevői — természetesen — távol álltak attól, hogy őket megbízhatóan képzett érzékszervi bírálóknak nevezzük. A profilpoligon A/P értékével és GC koordinátáival tehát sikeres és szemléletes lehet a bírálók minősítése.

Mivel a ProfiSens oktatási, kutatási és ipari alkalmazásaiból nagymennyiségű (tulajdonságszám-dimenziós) profilpoligon adat állt rendelkezésemre, a Statistica for Windows segítségével főkomponens analízist (PCA) végeztem az adatokon annak érdekében, hogy egy-egy bírálatnak a tulajdonságszám-dimenziójú pontokkal reprezentálható profilpoligonjain milyen mértékű dimenzió-csökkentés hajtható végre a PCA-val. Az eredmények azt mutatták, hogy az első három főkomponens együttesen általában a szórás

több mint 70%-át leírja, eredményesnek ígérkezett tehát a GCAP által biztosított nemlineáris $\Re^n \rightarrow \Re^3$ leképezés alkalmazása a dimenzió csökkentésére. Ha még azt is számításba vesszük, hogy a bírálók számára a profilanalízis eredményét legjobban és legmegszokottabb módon a profilpoligon szemlélteti, láthatjuk, hogy eme profilpoligon terület/kerület aránya és súlypontja sem idegen tőlük.

A GCAP teszt jellemzőit, és a GCAP ábrát már a ProfiSens újabb, GCAP modulja adja meg, a következő lépések végrehajtásának eredményeként:

1. Az egyes oszlopok GC és A/P koordinátáinak számítása (az egyes bírálók és az átlaghoz tartozó GCAP pontok, az *x(GC), y(GC)* és *A/P* adatok*)*
2. A bírálók GCAP ábrájának megrajzolása
3. Az egyes bírálók GC és *A/P* pontjainak az átlag-poligon megfelelő pontjától való távolságának kiszámítása (*d(GC)* és *d(A/P)* értékek).
4. A bíráló panel megfelelő megbízhatósági osztályba való sorolása a maximális *d(GC)* és *d(A/P)* értékek alapján

A 4. lépésben az osztályokba soroláshoz mind a *d(GC)* mind a *d(A/P)* értékeket az adott poligonra vonatkozó maximális távolság-értékkel normálni kell.

Az, hogy milyen megbízhatósági osztályba soroljuk a vizsgált panelt, már az ipari ill. kutatási céloktól függ. Egy lehetséges (ipari tapasztalatokon alapuló) osztályozást adtam az alábbi (1) összefüggés szerint:

$$\begin{array}{llll} \textit{if} & (d\%(GC) \leq 5) \cap (d\%(A/P) \leq 5 & \textit{then} & \textit{Qual} = E \\ \textit{else if} & (d\%(GC) \leq 10) \cap (d\%(A/P) \leq 10 & \textit{then} & \textit{Qual} = G \\ \textit{else if} & (d\%(GC) \leq 20) \cap (d\%(A/P) \leq 20 & \textit{then} & \textit{Qual} = M \\ & \textit{else} & \textit{Qual} = W & \end{array} \quad (1)$$

A 4. ábra bor és az 5. ábra sajt bírálóinak az (1) képlet szerinti osztályokba sorolását mutatja az 1. Táblázat

1. Táblázat: Panel-megbízhatóság szerinti osztályokba sorolás GCAP módszerrel

Minta	***d(GC)***	***d%(GC)***	***d(A/P)***	***d%(A/P)***	***Osztály***
Bor (3A,Red,Tesco1,S1)	2.4	1.6%	1.1	2.3%	Excellent (E)
Sajt (Alp2,Fro,S2)	66.6	35.3%	14.8	20.9%	Weak (W)

A GCAP vizsgálatokat mintegy 150 bírálatra végeztem el azzal a céllal, hogy a tulajdonság-vektorok GCAP (nemlineáris) és PCA (lineáris) leképezései közötti kapcsolatot vizsgáljam.

A CRRN (Compare Ranks with Random Numbers) módszer eredményei rendkívül jó egyezést mutattak a GCAP teszteléssel. Mind a GCAP, mind a CRRN érzékenyen és egybehangzóan kimutatta az egyes bírálók kiugró rossz eredményét, pl. nátha miatti nem megfelelő illat- vagy íz-érzékelését.

A K-közép klaszterezéssel illetve a Dendrogram (AHP) módszerrel növelni tudtam a GCAP eredményeinek szemléletességét. Ezen két módszer közül itt a grafikus Dendrogram programom algoritmusát emelem ki, amely lényegesen eltér az irodalomban találhatóaktól. Az irodalmi eljárásokban a klaszterek összevonásánál a két összehasonlított klaszter összes elemtávolságát figyelembe veszik[9], ami jelentősen megnöveli a számítási igényt. Az egyes csoportokat én egy-egy ponttal reprezentáltam az adott rekurziós szinten, így az összes pont csak implicit módon, az előző rekurziós szinteken keresztül hat, ami – sok pont esetén – több nagyságrenddel csökkentheti a számítási igényt. Ezen kapcsolódási szabályt, mely lényegileg különbözik az irodalomból ismert egyszerű, teljes, átlagos, centroid, vagy medián kapcsolódástól illetve a Ward módszerben leírtaktól, a legközelebbi pontok felezőjének kapcsolódási szabályaként fogalmaztam meg.

Háromszögön értelmezett vizualizációs probléma többször előfordul a vegyi- és bioiparokban. Gyakori a háromkomponensű elegyek háromszög-diagramos ábrázolása. Én terner elegyek gőz-folyadék egyensúlyi számításaihoz és oxidáló-éghető-inert gázelegyek robbanási tartományainak megjelenítéséhez dolgoztam ki korábban a Trigon nevű Turbo Pascal programomat. Az élelmiszer profilanalízis a preferencia térképezésben fogyasztói rangsorolásos vagy pontozásos tesztekhez kapcsolódik. Többéves fogyasztói tesztsorozatok adatainak feldolgozásánál azt találtam, hogy a statisztikai korreláció analízis évenkénti eredményeit reprezentáló „félmátrixok” együttes ábrázolása nem megoldott.

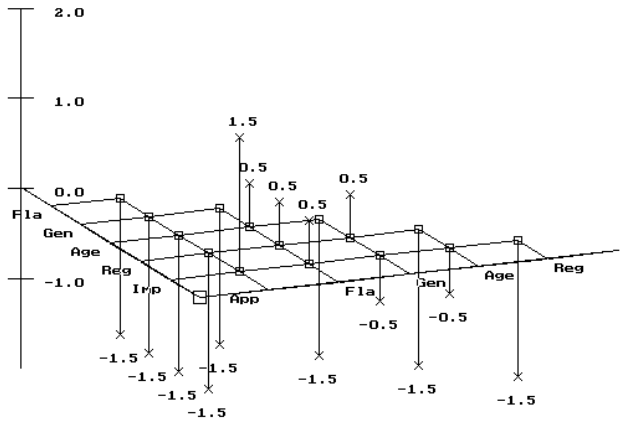
Ezért a Trigon programot úgy alakítottam át, hogy újabb verziója tetszőlegesen sok éven keresztül végzett fogyasztói bírálat-sorozat eredményeinek 3D ábrázolásával az évenkénti eredmények összevetését tette szemléletesen lehetővé.

A 6. ábra rezisztens almák fogyasztói kedveltségét vizsgáló, 3 éves teszt-sorozat eredményeinek együttes ábrázolásából mutat be egy részletet.

A feladat itt 3 év (általánosítva n év, ahol n>2) adott változó-párra vonatkozó korreláció analízis igen/nem válaszainak szemléletes ábrázolása. Az ábrán a Küllem (App), Íz (Fla), Nem (Gen), Kor (Age), Lakhely (Reg) és Import gyümölcs preferálása (Imp) összesen 6

[9] Han, J., Kamber, M.: Adatbányászat Koncepciók és technikák, Panem Könyvkiadó, Budapest, ISBN 963 545 394 9, 2004.

változóból képezhető párokat mutattam be, az alábbi módszerrel: a Trigon adat-ábrázolását $\Re_f$ ={n/2-k, k=0,1,…,n} értékekre korlátoztam – ez $\Re_f$ ={1,5; 0,5; –0,5; –1,5} tartományt jelent n=3 esetében. Az egyes cellák fölött (ill. alatt) azon értékeknek megfelelő *h* hosszúságú tüskéket jeleníti meg a Trigon, melyeket – figyelembe véve az adatpár korrelációs tesztjének a 3 évnek megfelelő 3 db. eredményét, (melyekben k=0, 1, 2, 3 „nem"(=korrelálatlanság) lehetséges), – a *h=3/2 – k* összefüggéssel számított.



6. ábra: Több éves fogyasztói bírálat-sorozat Trigon-alapú vizualizációja

A tengelyek az eredeti táblázat fejlécnek megfelelő feliratokat kapják, és ezek elmozdíthatók a diagrammal együtt, úgy hogy a teljes ABC-nek megfelelő bitképeket nem kellet tárolni, mert valós időben sikerült a vektor-bitkép konverzió, majd a kijelzés megvalósítása, ami sok további alkalmazásban felhasználásra került azóta.

Tézisek

1. Új módszert fejlesztettem ki élelmiszer profilanalízis vizsgálatok teljeskörű IT támogatására, és elkészítettem az új módszer Windows alapú alkalmazását. Az így létrehozott ProfiSens alap-szoftverhez tulajdonság-adatbázist terveztem, valamint megterveztem és létrehoztam az adatbázis on-line használatát biztosító PS Commander bővítményt. [F4, F5, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9]

2. Új, a bírálók számára jól érthető és szemléletes módszert – a GCAP módszert – fejlesztettem ki a profilanalízist végző bíráló-panel megbízhatóságának minősítésére. Megterveztem és létrehoztam a GCAP módszerrel való panel-konzisztencia vizsgálatot végrehajtó bővítményt. [F6, F7, K10, K11]

3. A GCAP módszer osztályokba sorolási lépésére vonatkozóan összehasonlításokat végeztem a PanelCheck és a CRRN által biztosított eredményekkel, valamint – a megfelelő szoftverek elkészítését is ideértve – megvizsgáltam a K-közép klaszterezés és

az AHP módszer alkalmazhatóságát. Megállapítottam, hogy ha a bírálók képzésének követelményei között szerepel a GCAP módszerben biztosított szemléletesség, a bírálók képzésénél általánosan vagy a GCAP, vagy a CRRN alkalmazható. [F7, K10, K11]

4. Az AHP (Dendrogram) módszerhez olyan új kapcsolódási szabályt terveztem, amely az irodalomban található algoritmusokhoz képest – a pontok számától függően – több nagyságrenddel is csökkentheti a számítási igényt. [F7, K10]
5. Háromszögön értelmezett felületek 3D ábrázolásában elért eredményeim alapján új vizualizációs módszert adtam meg fogyasztói rangsorolásos vizsgálati eredmény sorozatoknak a tesztekben résztvevő fogyasztói csoportokra vonatkozó statisztikai korreláció-analízisének értékeléséhez. [F1, F2, F3, F8, K1, K2, K3, K12]

Alkalmazások és alkalmazási lehetőségek

PhD munkám céljául elsősorban a szakértői bírálatok informatikai támogatását tűztem ki. A kutatási célnak megfelelő irodalmi háttér részletes megismerése után célszoftvert terveztem és fejlesztettem a profilanalízis érzékszervi bírálati folyamat teljeskörű IT támogatására. Ezen szoftvert, melyet ProfiSens-nek neveztünk, különböző fejlesztési verzióiban 2002. óta használják a BCE Érzékszervi Minősítő Laboratóriumában és 2005-től a BME Biokémia Tanszék szakmérnöki kurzusain is. 2006-ban, innovációs szerződés keretében a SPAR Magyarország Kft Minőségirányítási Osztálya, majd 2007-ben a Fogyasztóvédelmi Főfelügyelőség Élelmiszer és Vegyipari Laboratóriuma is megkezdte a ProfiSens használatát. Ez a korábbi IT támogatási szinthez viszonyítva több óráról néhány percre csökkentette a profilanalízis teszt egyes tervezési fázisait és teljes adatfeldolgozását.

A ProfiSens különböző verziói mind egy-egy újabb – elméleti alapok kidolgozását is érintő és a gyakorlatban megvalósított – modult vagy bővítést jelentenek. Ezek közül a gyakorlatban is használják már az érzékszervi tulajdonság adatbázist és az annak on-line használatát biztosító PS Commandert. A bírálók megbízhatóságának tesztelésére kidolgozott GCAP módszer és annak irodalmi módszerekkel való összehasonlítása pedig a preferencia-térképezésben, a fogyasztói és szakértői bírálatok összekapcsolhatóságában nagy jelentőségű. Ugyancsak várható további felhasználása a fogyasztói kedveltségi teszt-sorozati eredményeknek az egyes fogyasztói szokásokkal – csoportokkal való korrelációját vagy korrelálatlanságát szemléltető 3D ábrázolásnak és szoftverének.

Közlemények

Folyóirat cikkek

F1. Láng-Lázi M., Dióspatonyi I., Viczián G., **Heszberger J.**: Thermodynamic consistency calculations on Internet (Hungarian Journal of Industrial Chemistry Vol 27, p317-320. 1999) IF:0,294

F2. Viczián G., Láng-Lázi M., **Heszberger J.,** Dióspatonyi I., Kollár-Hunek K.: Graphic software for 3D consistency testing in thermodynamics (Hungarian Journal of Industrial Chemistry Vol 28, p311-315. 2000) IF: 0,196

F3. Viczián G., Molnárné Jobbágy M., **Heszberger J.,** Kollár-Hunek K.: Explosion areas of flammable substances and their numerical approximation (Hungarian Journal of Industrial Chemistry Vol 29, p143-147. 2001)

F4. Kókai Z., **Heszberger J.,** Kollár-Hunek K., Kollár G.: A new VBA software as a tool of food sensory tests (Hungarian Journal of Industrial Chemistry Vol 30, p235-239. 2002) IF: 0,084

F5. Kókai Z., **Heszberger J.,** Kollár-Hunek K., Szabó R., Papp E.: ProfiSens – a profile analysis supporting software in food industry, related research, and education, (Periodica Polytechnica, Ser. Chem. Eng., Vol.48, No.1 p31-41. 2004)

F6. **Heszberger J.,** Papp E, Kollár-Hunek K., Kókai Z., Qualification of assessors in food profile analysis and other new developments of ProfiSens (Periodica Polytechnica, Ser. Chem. Eng., Vol 50, No. 2, p1-13 2006)

F7. Kollár-Hunek K., **Heszberger J.,** Kókai Z., Láng-Lázi M., Papp E.: Testing panel consistency with GCAP method in food profile analysis (Journal of Chemometrics, Vol.22, p218-226, 2008) IF: 1,367 (2007)

F8. Láng-Lázi M., **Heszberger J.,** Molnár-Jobbágy M., Viczián G.: Spline functions in chemistry – approximation of surfaces over triangle-domains (International Journal of Computer Mathematics, accepted, 2008) IF: 0,423 (2007)

Konferencia kiadványokban megjelent fontosabb közlemények

K1. Henze E., Kollár G., Kókai Z., Kápolna B., **Heszberger J.,** Kollár-Hunek K.: Verbrauchertests der Re-Sorten in Ungarn, (Vorträge für Pflanzenzüchtung, Heft 57,ISSN 0723-7812, S53-61, 2002)

K2. Kollár G., Kókai Z., Henze E., **Heszberger J.,** Kollár-Hunek K.: Minőség és környezetkímélés – vizsgálat a rezisztens almafajták piaci versenyképességéről (Proc. of VIII. Nemzetközi Vegyészkonferencia, ISBN 973-85809-8-6, p176-180, Kolozsvár, 2002)

K3. Kókai Z., **Heszberger J.,** Kollár-Hunek K., Szabó R., Kollár G.: Fogyasztói és szakértői érzékszervi vizsgálatok informatikai támogatása, (Proc. of Műszaki Kémiai Napok, ISBN 963-7172-95-5, p177-180, Veszprém, 2002)

K4. Kókai Z., Henze E., Heszberger J., Kápolna B., Szabó R.: IT support for exploring sensory quality of sustainably grown apple varieties, (Proc. of 4th EFITA Conference, ISBN 963-47276-8-9, p632-640, Debrecen, 2003)

K5. Kókai Z., Szabó R, **Heszberger J.:** Érzékszervi vizsgálatok profilanalízissel – oktatási tapasztalatok a ProfiSens szoftver fejlesztési folyamatában és alkalmazásában, (Proc. of Műszaki Kémiai Napok, ISBN 963-7172-99-8, p43–46, Veszprém, 2003)

K6. **Heszberger J.,** Kókai Z., Kollár-Hunek K., Szabó R., Papp E.: A ProfiSens szoftver élelmiszeripari alkalmazásai és fejlesztései (Proc. of XI. Nemzetközi Vegyészkonferencia ISBN 973-86097-6-3, p190-193, Kolozsvár, 2003)

K7. Kollár-Hunek K., Papp E., **Heszberger J.,** Kókai Z.: A ProfiSens szoftver újabb fejlesztései, (Proc. of Műszaki Kémiai Napok, ISBN 963-9495-37-9, p36-39, Veszprém, 2004)

K8. **Heszberger J.,** Kollár-Hunek K., Csipszer Gy., Kókai Z., Kollár G.: Trappista sajt profilanalitikus vizsgálata a ProfiSens szoftver támogatásával, (Proc. of Műszaki Kémiai Napok, ISBN 963-9495-71-9, p52-55, Veszprém, 2005)

K9. Papp E., **Heszberger J.,** Kollár-Hunek K., Kókai Z.: A profisens szoftver adatbázisa, (Proc. of Műszaki Kémiai Napok, ISBN 963-9495-71-9, p48-52, Veszprém, 2005)

K10. **Heszberger J.,** Kollár-Hunek K., Papp E., Kókai Z.: A GCAP módszer alkalmazásai és statisztikai háttere, (Proc. of Műszaki Kémiai Napok, ISBN 963-9495-86-7, p241-243, Veszprém, 2006)

K11. Sipos, L., Kollár-Hunek K., **Heszberger, J.,** Kókai, Z.: Preference Mapping, Panel Consistency, and PCA in Food Marketing (Proc. of 28th ChEM Conference, p.11-14, ISBN 978-963-420-960-7 Meissen, Germany, 2008)

K12. Kollár-Hunek K., Kókai, Z, Kollár G., Viczián Zs., Kollár Zs., **Heszberger, J.**: Mathematik in Lebensmitteln (Proc. of 28th ChEM Conference, p.41-44, ISBN 978-963-420-960-7 Meissen, Germany, 2008)