



Univerzitné matematické vzdelávanie ako základ pre inovácie vo vede a technike

HISTÓRIA, SÚČASNOSŤ A BUDÚCNOSŤ BIOMETRICKÝCH A BIOMATEMATICKÝCH METÓD VO VEDE A VÝSKUME

Pavel FLAK, SK

ABSTRAKT

Biometrické a biomatematické metódy v pôdohospodárstve, v biológii ako aj v ostatných odboroch vedy a výskumu majú významnú úlohu pri vyhodnocovaní biologických experimentov. Komisie pre biometriku pri národných akadémiách pôdohospodárskych vied SR a ČR zohrali a zohrávajú významnú úlohu pri rozvoji vedy a výskumu našich republík. Stručný historický prehľad, súčasný stav, ale najmä námety a úlohy pre budúcnosť exploatácie matematicko-štatistických metód, biometriky a biomatematicky sú predmetom nielen odborných vedeckých diskusií pre rozvoj pôdohospodárskych vied, ale aj pre celospoločenský rozvoj.

KEÚČOVÉ SLOVÁ: matematika, biometrika, biomatematika, pôdohospodárstvo, biológia, prírodné a spoločenské vedy

ÚVOD

Pojem biometrika, termíny Biometrics (biometrika), nie časopis Biometrika a Biometry (biometria) sú podľa International Biometric Society (IBS) používané už od začiatku 20. storočia pre odbor, resp. oblasť rozvoja štatistických a matematických metód aplikovaných na problémy analýzy údajov v biologických vedách. Z tohto hľadiska v príspevku prediskutujeme vznik, históriu, súčasnosť a aktuálne úlohy Komisie pre biometriku predsedníctva Slovenskej akadémie pôdohospodárskych vied (P-SAPV).

Komisie biometriky

Národné komisie biometriky ČAZV a SAPV majú svoj prvotný pôvod v Komisii biometriky ČSAZ, ktorá bola založená v šesťdesiatych rokoch minulého storočia (1967) ako Komisia pre biometriku a pokusníctvo pri Komisii predsedníctva ČAZ pre technickú a metodickú modernizáciu. Komisia pre biometriku predsedníctva SAPV (KB P-SAPV) mala svoje ustanovujúce zasadanie 30. júna 1993. Iniciátormi vzniku KB P-SAPV boli: Ing. P. Flak, DrSc. podpredseda Komisie biometriky ČSAZV, Doc. Ing. J. Husár, CSc., Ing. T. Miština, CSc. a Doc. Ing. J. Nový, CSc. Komise biometriky ORV ČAZV bola ustanovená 2. februára 1994.

Odborné zameranie KB P-SAPV

Komisia pre biometriku P-SAPV na základe svojho organizačného a rokovacieho poriadku rozvíja svoju činnosť v odboroch biomatematicky, biometriky, ekonometricky, výpočtovej techniky a ďalších príbuzných odboroch efektívne aplikovaných a iniciovaných v pôdohospodárskom výskume.

Hlavným poslaním komisie je:

- rozvíjanie tvorivej vedecko-výskumnej činnosti v uvedených odboroch, metodologické usmerňovanie aplikácie existujúcich metód a tvorba nových biostatistických a biometrických metód a programového zabezpečenia v pôdohospodárskom výskume na úrovni súčasných svetových poznatkov,
- organizácia vedeckých zasadnutí, prednášok, konzultácií a školení pre vedecko-výskumných, pedagogických, vedecko-technických pracovníkov, ako aj študentov univerzít, doktorandov a pracovníkov pôdohospodárskej praxe,
- rozširovanie nových vedecko-výskumných poznatkov z uvedených vedných odborov edičnou činnosťou v rámci Slovenskej republiky a v zahraničí,
- aktívna spolupráca so zahraničnými inštitúciami a vedeckými spoločnosťami na rôznych úrovniach (národných a zahraničných), ktoré sa zaoberajú problematikou uvedených vedných odborov,
- posudzovanie aplikácií moderných biostatistických metód vo vede, výskume a praxi, vypracovanie návrhov a riešení ich cieľavedomého využívania v pôdohospodárstve,
- získavanie grantov pre riešenie aktuálnych otázok pôdohospodárskeho výskumu a praxe modernými biostatistickými metódami.

Komisie biometriky sú teda v svojej podstate charakteristické viacodborovým zameraním, t.j. združujú vedeckých, vedecko-výskumných a pedagogických pracovníkov rôznych vedných odborov od matematiky, matematickej štatistiky, cez aplikovaných biostatistikov tak poľného pokusníctva a šľachtenia rastlín, ako aj lesníctva, ekológie a životného prostredia, pracovníkov výskumu v živočíšnej výrobe a plemenitby hospodárskych zvierat (HZ) a samozrejme tiež pracovníkov oblastí ekonomiky pôdohospodárstva, ekonometrie, programátorov a špecialistov vo výpočtovej technike, ako aj ostatných odborov, v ktorých sa matematické a biometrické metódy aktívne používajú.

Spolupráca KB P-SAPV

Z úloh a poslania KB P-SAPV teda vyplýva aj spolupráca komisie s profesionálnymi spoločnosťami ako sú Jednota slovenských matematikov a fyzikov, Slovenská štatistická a demografická spoločnosť a spoločnosti biologického zamerania, akými boli napr. Slovenská spoločnosť pre poľnohospodárske, potravinárske, lesnícke a veterinárne vedy SAV, pod záštitou ktorej starší slovenskí členovia Komisie biometriky ČSAZ (vtedajší názov bol Komisia matematických metód a výpočtovej techniky) v rokoch 1972-1976 zorganizovali biometrické semináre pre celé Slovensko a v rokoch 1986-88 prednášky z biometrických metód pre vedeckých aspirantov, vedecko-výskumných pracovníkov z rezortných ústavov MPaV SSR, ako aj vysokých škôl (Husár a Miština, 1980; Fľak a kol., Biometrické metódy, 1986-1988; VÚŽV Nitra Grofik a Fľak, 1990). Členovia komisie organizovali rad školení, akými boli napr. prednášky a praktické cvičenia z programovania v jazykoch Basic a Fortran IV (Husár, 1975) v spolupráci s Podnikom racionalizácie riadenia a výpočtovej techniky pri MPaV SSR, Okrem toho členovia KB P-SAPV spolupracovali s Biologickou spoločnosťou SAV, Bioklimatologickou spoločnosťou, Spoločnosťou G. Mendela, s Katedrou matematiky FEM SPU Nitra (Fľak, 1999-2019), kurz Biometrické metódy v biológii na SCPV Nitra (Fľak, 2008), ako aj ďalšími spoločnosťami formou prednášok na ich akciách. Okrem týchto akcií je potrebné spomenúť organizovanie seminára Biometrika a nové informačné technológie v pôdohospodárstve, SPU Nitra, prezentáciu predmetov biometrického a štatistického charakteru na FAPZ SPU Nitra (Candrak, 2011), či činnosť v rámci excelentného centra agrobiodiverzity v poľnohospodárstve FAPZ SPU (2012). Členovia komisie sa podieľali taktiež na akciách ICAR a Interbull (Paríž, 2010), XXIV. Genetické dni 2010 (Brno, ČR), EAAP a Interbull (2011). Je len samozrejme, že členovia KB P-SAPV

aplikujú biomatematické a biometrické metódy v príspevkoch v rôznych odborných časopisoch príslušných podľa vedných odborov SAPV.

Vzhľadom na dlhoročnú spoluprácu národných komisií biometriky ČAZV a SAPV, a v posledných rokoch najmä spoluprácou s Polskim Towarzystwom Biometrycznym (PTB Polska), k najdôležitejším aktivitám komisií patrí organizovanie letných škôl biometriky, z ktorých boli vydané zborníky referátov.

LETNÉ ŠKOLY BIOMETRIKY

Letné školy biometriky (LŠB) mali pôvodne školiace zameranie, hoci už v tomto období išlo v prevažnej väčšine škôl o systém prednášok/referátov jednak čisto biometrického, ale najmä prakticky aplikačného zamerania. Počiatok letných škôl sa datuje rokom 1970. Letné školy biometriky boli pôvodne organizované Katedrou biológie a genetiky PF UPJŠ v Košiciach (prof. RNDr. R. Hončariv, CSc.) a majú svoj základ na Slovensku, pričom prvých päť letných škôl sa konalo v rokoch 1970, 1973, 1976, 1979, a 1981. Ďalšie letné školy boli zamerané na teóriu a prax experimentálnej práce v biológii (VI. LŠB 1984, Račkova dolina), využitie matematických metód, biometriky a výpočtovej techniky v poľnohospodárstve - teória a výsledky výskumu (VII. LŠB 1986, Zemplínska Šírava), expeditívnym metódam biometrickej analýzy a možnostiam výpočtovej techniky (VIII. LŠB 1988, Poľný Kesov). Od roku 1990 sa letné školy organizovali v spolupráci s Komisiou biometriky ČAZV tak, že organizácia a programové zameranie škôl boli zosúladené na riešenie spoločných problémov využitia biometrických metód v pôdohospodárstve v ČR a SR s dôrazom na špecifické problémy pôsobenia komisií. Tak v roku 1990 letná škola bola zameraná na biometrickú analýzu a výpočtovú techniku v genetike šľachtienia a plemenárskej práci (IX. LŠB 1990, Lednice na Morave), ďalej na modelovanie biologických systémov (X. LŠB 1992, Račkova dolina), lineárne modely v poľnohospodárskom výskume a výrobe (XI. LŠB 1994, Lednice na Morave), biometrické metódy v pôdohospodárskom výskume (XII. LŠB 1966, Račkova dolina), biometrické metódy a modely v súčasnej vede a výskume (XIII. LŠB, Cikháj). Od roku 2000 letné školy boli organizované pod spoločnou témou Biometrické metódy a modely v pôdohospodárskej vede, výskume a výuke (XIV. LŠB, Račkova dolina, XV. LŠB 2002, Lednice na Morave, XVI. LŠB 2004, Račkova dolina, XVII. LŠB 2006, Lednice na Morave, XVIII. LŠB 2008, Račkova dolina a XIX. LŠB 2010, Lednice na Morave, XX. LŠB 2014 Slavonice, XXI. LŠB 2017, Karlov pod Pradědem).

Zamerania jednotlivých letných škôl od roku 1984 do roku 2000 boli podrobnejšie prediskutované v príspevku XIV. LŠB 2000 v Račkovej doline (Fľak, 2000 b). V stručnosti však môžeme uviesť, že príspevky boli cielené na oblasť modelovania biologických systémov, synergického modelovania v biológii, kritického systémového myslenia, či modely biologickej ekológie. V **oblasti rastlinnej výroby** išlo o poľné pokusníctvo (výber, pôdna úrodnosť, analýzy merania skladby a vývinu porastu, maloparcelkové pokusy, série, neúplné bloky, výkonnosť plodín, vplyvy rokov, modely rastu produkcie, tvorba úrody, biometrické metódy v RV), genetiku a šľachtienie (základné pojmy a metódy šľachtienia, kríženie, rast, dialelné plány, kombinovateľnosť, gény veľkých účinkov, komponenty fenotypového a genotypového rozptylu, ekogenetické modely, štruktúra úrodnosti, interakcia genotyp a prostredia (GE), opakovateľnosť, úsekové analýzy, fenomenologické modely interakcie G x E, selekcia, konkurentnosť). Ďalej to boli oblasti ekosystémov, agroekológie a prostredia (modely lesných ekosystémov, polutanti živých systémov, emisie, tvorba zrna, vzťahy porastu a prostredia, geografická unifikácia systémov, simulácie plynov, hydrobiológia, bioklimatológia, fotosyntéza, pohyb ťažkých kovov, závlahy). V oblasti ekonomiky, produkčných procesov, optimalizácie a simulácie to boli príspevky použiteľné v poľných

pokusoch, ekológii, zamerané na ekonometricko-matematické metódy. Špecifickým problémom boli venované prednášky z výpočtovej techniky, najmä personálnym počítačom, softvérovému vybaveniu, ako aj špecifickým programom genetických zdrojov, databázam, informačným systémom, technologickým procesom, umelej inteligencii a pod. V **oblasti živočíšnej výroby** to boli príspevky zaoberajúce sa rastom organizmov a živočíchov (rastové funkcie a modely, fyziologické javy a procesy), výžive a kŕmeniu HZ (plánovanie a vyhodnocovanie pokusov, optimalizácia výživy zvierat), v genetike a plemenitbe zvierat (genetická štruktúra populácií HZ, genetika a modelovanie, lineárne modely, odhady komponentov rozptylu, lineárne modely odhadu genetickej hodnoty/plemennej hodnoty, interakcia genotypu a prostredia, selekcia zvierat, optimalizácia selekcie, fenogenetika). Ďalej to boli prednášky z **ekológie a prostredia**, biometrických metód použitých v ŽV (plánovanie pokusov, mnohorozmerné štatistické metódy), **produkčné modely**, modelovanie biologických procesov, počítačov a umelej inteligencie (softvér), optimalizácia väzieb rastlinnej a živočíšnej výroby.

Významnými boli prednášky z **matematicko-štatistických metód** (diagnostické metódy matematickej štatistiky, useknutý a cenzurovaný výber, funkcie príslušnosti, testy odľahlých pozorovaní/outlierov, vyvážené modely analýz rozptylu, testy aditivity, problémy dimenzie mnohorozmerných metód), **biometrických metód** (pokusné usporiadania, biometrické metódy v poľnohospodárstve), **biomatematických metód** (rovnovážne stavy oscilácie, populačná dynamika) a **výpočtovej techniky** (softvér a IBM PC, Statgraphics, SAS, SPSS, Unistat). Špecifickými problémami sa zaoberali prednášky zo systémovej a operačnej analýzy a lineárneho programovania. Samozrejme, že dôležitými príspevkami boli **prednášky o výučbe biometrických metód** na poľnohospodárskych univerzitách, ale taktiež prírodovedeckých fakultách univerzít v ČR a SR.

Letné školy biometriky v rokoch 2000 až 2017 boli zamerané na jubileá prof. RNDr. Ing. J. Roda, DrSc. a Prof. Ing. Š. Šmelku, DrSc., Ing. P. Fláka, DrSc. a doc. RNDr. J. Michálka, CSc., na retrospektívu a budúcnosť biometriky vo vede a výskumu a v lesníckej vede, prehľad letných škôl biometriky, minulosť a budúcnosť a na úlohu Mendelea v rozvoji biometrického výskumu. Z teoretických štatistických príspevkov je potrebné spomenúť príspevok prof. A. Pázmana zameraný na úvahy o úlohe bayesovskej štatistiky v poznávaní a rozhodovaní, štatistickú analýzu plánovania experimentov, regresné problémy (logistika, časové rady) a spojité funkcie v systéme fuzzy rozhodovania. Významné boli príspevky **o lineárnych modeloch** (regresia a vážená MNŠ, zmiešané a zovšeobecnené lineárne modely, alfa design, experimentálne plány, modelovanie časových sérii). Z **mnohorozmerných štatistických metód** išlo o parametrickú a neparametrickú diskriminačnú analýzu, faktorovú a zhlukovú analýzu, profilové analýzy a analýzy tvaru, metódu hlavných komponentov a podparametrizované mnohorozmerné modely. Ďalej to boli ROC (Receiver Operating Characteristic Curve) krivky a ich využitie pri klasifikácii. Z **genetiky populácií** to boli príspevky odhadu genetických parametrov, regresné problémy a mnohorozmerné štatistické metódy v genetike populácií.

Z hľadiska **biometrických metód použitých v RV** to boli najmä biometrické metódy a modely usporiadania a hodnotenia pokusov (história poľného pokusníctva, testy poľných pokusov, metóda split-plot, Youdenov štvorec, neúplné bloky, neúplné bloky, alpha design, indexy kompetencie, medzidielcová konkurencia v poľných pokusoch, priestorové analýzy v odrodových pokusoch). Ďalej to boli metódy a modely genetiky a šľachtienia rastlín (experimenty typu line-tester, dialelné analýzy, analýzy GCA a heteróza, hodnotenie sérií odrodových pokusov, experimentálne plány testovania odrôd, expertný systém Gaia, plánovanie faktoriálnych a blokových pokusov, genetické experimenty, aplikácie vybraných mnohorozmerných metód, diskriminačnej, faktorovej a zhlukovej analýzy, stabilita odrôd,

kalibrácia a zmiešaná regresia, porovnanie hodnotenia údajov v šľachtení a testovaní odrôd rastlín, molekulárno-genetické markery a hodnotenie genetických zdrojov rastlín). Príspevky hodnotiace odrody ozimných pšeníc, jarného jačmeňa, jeho diverzity a genetickej diverzity záhradníckych plodín vhodne doplnili predchádzajúce práce.

Z **biometrických metód použitých v ŽV** je potrebné spomenúť lineárne modely v genetike a šľachtení zvierat, biometriku a biomatematiku v udržateľnej ŽV, spoľahlivosť odhadu náhodných efektov, výber vhodných modelov odhadu genetických parametrov, využitie metód toku génov. Ďalej sú to metódy odhadu genetickej/plemennej hodnoty, PH (výber vhodného modelu PH, Gibbs sampling, stochastická simulácia vplyvu referenčných plemenníkov a odhad PH, modelovanie efektov prostredia, Test Day model, odhad interakcie genotyp x prostredie, inbríding, laktáčne krivky dojníc a oviec, metódy hodnotenia plodnosti HD, odhad PH u koní, neurónové siete a fuzzy c-zhlukovanie, bio-ekonomické prístupy hodnotenia produkčných systémov). Ďalej to boli analýzy prežitia (králiky), senzorická analýza potravín a metódy hodnotenia obsahu aminokyselín v kŕmnej zmesi. Z teoreticko-aplikačných metód **rastových analýz** je potrebné spomenúť viacrozmerný prístup hodnotenia rastu pomocou Potthof-Roy-ovho modelu. Z **humánných analýz** to boli práce hodnotiace vzorky dychu pre detekciu rakoviny pľúc, analýza génov priebehu sepsie, glaukomové ochorenie, mortalita, incidencia a prevalencia pacientov s nádorovými ochoreniami. Z kvalitatívnych metód práca zaoberajúca sa atribútom farby pri hodnotení biologického materiálu.

Z **ekologických problémov** boli zaujímavé príspevky modelov a modelovania ekosystémov v rámci rozvoja regiónu, odhady parametrov ekologického modelu, modelovanie biomasy frakcií v ekológii, zovšeobecnený aquatický model ekosystému a analýzy zrážkových úhrnov, regionálne klimatické zmeny. Významné boli **biometrické metódy a modelovanie v lesníckej ekológii**, geoštatistické metódy o lesnom prostredí, rastové stimulatory a informačné systémy v lesnom manažmente, využitie geograficky váženej regresie v lesníckych modeloch a štatistické hodnotenie rastových funkcií používaných v lesníctve. Z mnohorozmerných analýz to bolo použitie zhlukovej analýzy a z hľadiska prognózovania model SIBYLA rastu lesa.

Príspevky z **ekonomiky a ekonometriky** sa venovali produkčným modelom a procesom a ich ekonomickému hodnoteniu pri využití štatistických balíkov programov, napr. SASu, analýzam sezónneho kolísania ukazovateľov, realizácie produkcie v trhovom prostredí, hodnoteniu štruktúry výdavkov a skupín domácnosti, úrovni priemerných príjmov domácnosti, kauzalita produktivity práce, nákladov v štátoch EÚ, Markovové modely, a pod. Z **mnohorozmerných štatistických metód** boli prezentované lineárna a kvadratická diskriminácia v časových radoch cenových indexov, fuzzy zhluková analýza pri klasifikácii produkčných kmeňov, klasifikačné a regresné stromy. Zaujímavé boli príspevky zo štatistiky, matematických metód a matematických modelov v diele svetových ekonómov a v spoločenských vedách.

Z **použitia personálnych počítačov a softvéru** je potrebné spomenúť príspevky - knižnicu programov TSAM analýzy časových radov, využitie programu Statistica 6, analýzy údajov pomocou VARIOGRAMU v SASe, softvérov SAS Enterprise Guide a Mathematica, ako aj využitie PC pri spracovaní biometrických údajov a analýz v ŽV.

Z hľadiska výučby **biomatematiky a biometriky** na univerzitách boli prínosom príspevky: matematika ako komunikačný prostriedok, matematika - biometrika - genetika populácií - biotechnológie, poznámky k výučbe biomatematiky a biometriky na univerzitách, štúdiu a využívanie biometrických metód a štatistiky univerzitnými študentmi najmä na ČZU v Prahe,

využitie štatistiky na ITS Praha, výučba štatistiky na odbore informatika a použitie softvéru Statistica vo výučbe na ČZU v Prahe.

Záver z letných škôl. Prehľad rôznych príspevkov na doterajších letných školách môže do určitej miery zodpovedať otázku názvu letných škôl. Sú to školy alebo konferencie? Z množstva príspevkov možno dedukovať, že sú to školy, ktoré propagovali a zároveň umožnili využívať moderné biometrické metódy za použitia moderných PC a softvéru, samozrejme aj s prezentáciou moderných biometrických a biomatematických metód v pôdohospodárskej vede a výskume. Poznamenajme, že za typické školy, t.j. výučbu biometrických metód možno považovať hlavne aktivity členov Komise biometriky ČAZV a Komisie pre biometriku predsedníctva SAPV, ďalej kolegov matematických štatistikov z univerzít na rôznych školeniach, na výskumných pracoviskách ČR a SR, ako aj na univerzitách.

Budúcnosť organizovania letných škôl biometriky závisí na súčasných podmienkach rozvoja vedy a výskumu v pôdohospodárstve, kde sme svedkami nesebestačnosti poľnohospodárskej produkcie v podmienkach ČR a SR, na výučbe biometrických metód a záujme o nich novými vedeckými pracovníkmi na univerzitách či rezortných výskumných pracoviskách, z hľadiska celospoločenskej podpory rozvoja nielen pôdohospodárstva ale aj celého národného hospodárstva v našich podmienkach, krajín V4 a EÚ.

SÚČASNÝ STAV, RETROSPEKTÍVA A PERSPEKTÍVA

Matematika a riešenie biologických experimentov

V kontexte súčasného stavu využívania matematických poznatkov a matematicko-štatistických metód v pôdohospodárstve, resp. celospoločensky vo všetkých vedných oboroch, budeme sa v nasledovných riadkoch zaoberať úlohami matematiky pri riešení biologických experimentov metódami biomatematicky a biometriky.

Vzhľadom na existujúci nepriaznivý stav výučby matematiky na prírodovedných fakultách univerzít, ako aj na poľnohospodárskych univerzitách v SR a ČR z hľadiska potrebných matematických základov pri vysvetľovaní a pochopení biologických javov a procesov, ako aj ich modelovania nielen metódami biomatematicky a biometriky, sme v našich príspevkoch kriticky hodnotili rôzne novátorské prístupy vo výučbe, pričom sme poukázali na neprepojenie rôznych vedných disciplín pri výchove mladých odborníkov v biológii, ale najmä v poľnohospodárstve (Flák, 2006).

Z pohľadu výučby matematiky na stredných školách a následne na vysokých školách pred rokom 1989 sa nám (odborníkom združeným v komisiách pre biometriku P-SAPV a ČAZV, prevažne laikom v oblasti výučby matematiky) javí, že prepojenie výučby medzi strednou a vysokou školou bolo komplexnejšie, pričom základné matematické poznatky získané na stredných školách umožňovali štúdium jednotlivých prírodných vied vyžadujúcich si matematické základy. Uvedomujeme si však, že aj v tomto období došlo k experimentovaniu pri výučbe matematiky od základných škôl (množinový prístup), cez stredné školy (napr. výučba diferenciálneho počtu) až po vysoké školy. Je možné, že to bolo spôsobené rôznymi myšlienkovými prúdmi, možno tiež ideologickými zásahmi do vyučovacieho procesu, avšak v podstate tieto zásahy boli koordinované v prospech komplexného vzdelávania v sfére prírodných vied. Myslíme si však, že hodnotenie vtedajšieho stavu patrí do kompetencie odborníkov matematikov a príbuzných prírodných vied, pre rozvoj ktorých sú matematické poznatky nevyhnutné.

V súčasnosti situácia vo vzdelávaní vzhľadom na akúsi „demokratizáciu slobody“ nielen politického prejavu je iná, často neprehľadná, rozmanitá a zdá sa neusmernená skutočnými

odborníkmi, v tej ktorej vednej oblasti, čo je zrejme zapríčinené rôznymi faktormi a nedodržiavaním sľubov o rozvoji školstva ako hlavnej priority vedomostnej spoločnosti. To vyústilo napr. nielen k vzniku rôznych nových univerzít, ale tiež k vzniku rôznych fakúlt v rámci univerzít, pričom výučba matematiky a ostatných predmetov z oblasti prírodných vied nemôže byť postačujúca vzhľadom na jestvujúce ľudské zdroje. Nebudeme sa týmito otázkami podrobne zaoberať, keďže prislúchajú zodpovedným pracovníkom, tej ktorej univerzity či pracovníkom rezortu školstva a špecializovaným pedagogickým ústavom. Konštatujeme však z pohľadu odborníkov vedy a výskumu, t.j. užívateľov matematických poznatkov potrebných pri riešení vedecko-výskumných úloh v rastlinnej a živočíšnej výrobe, v ekológii, etológii, genetike a genetického inžinierstva, biotechnologických oblastí ako aj ekonomických problémov modernými matematickými a štatistickými metódami, že súčasný stav nie je optimálny a zdá sa oveľa horší ako v minulosti. O tom svedčia tiež veľmi časté a konkrétne kritické pripomienky na kvalitu a úroveň vysokoškolského vzdelávania známe z tlače či elektronických médií. Osobne na základe kontaktov s mladými adeptmi vedy, ašpirantami predtým a dnes s doktorandmi z SPU Nitra a UKF Nitra, ale aj z kontaktov so študentmi univerzít pri výučbe genetiky populácií (PrF UK, Bratislava) a modelovania biologických systémov a procesov (FPV UKF Nitra) prichádzame k nemilému záveru, že nielen pri výučbe matematiky a na ňu nadväzujúcich disciplín, ale tiež v oblasti špecifických biologických a poľnohospodárskych disciplín je porušená viazanosť a hierarchická postupnosť výučby od jednoduchšieho k zložitejšiemu. Redukcia výučby matematiky vo výchove mladej generácie na stredných školách samozrejme ovplyvnila aj vzdelávanie odborníkov na univerzitách. V súčasnosti začíname znova uvažovať o zavedení povinnej maturitnej skúšky z matematiky.

Matematické a štatistické metódy v biológii

Vzhľadom k vyššie uvedeným poznámkam uvedieme stručne oblasti biologického bádania, v ktorých sa vyžadujú patričné poznatky z matematiky.

V našich príspevkoch sme diskutovali požiadavky na matematické poznatky pre **všeobecné metódy analýz biologických systémov**, ktoré sú nástrojmi rozboru komplexných biologických javov a procesov, ktoré nemožno skúmať a interpretovať bez zodpovedajúcej koncentrácie poznatkov z rôznych vedných disciplín, umožňujúcich zjednodušene popísať ich pôvod, súčasný a budúci stav, ako aj vývin bez využitia rozboru prístupných kvantitatívnych informácií pomocou adekvátnej tvorby matematických, biologicky opodstatnených modelov, teda bez **modelovania** a **simulácie** biologických systémov. Tieto analyticko-syntetické prístupy sú podstatnými pri postulovaní **matematického modelu**, ako výslednice analytického úsilia abstrahovať a definovať reálnu situáciu matematickými predpismi, teda modelovania či tvorby modelov, teda aktu konštrukcie reálnej situácie. Naproti tomu pod **simuláciou** v širšom slova zmysle sa chápe stav duplikácie podstaty systému (v biológii v podstate **otvoreného systému**), alebo aktivity v čase, resp. akúsi umelú reprezentáciu systému alebo aktivity. Poznamenajme, že principiálne rozlišujeme medzi **modelovaním deterministických a pravdepodobnostných biosystémov**.

Matematika z uvedených hľadísk je preto pre biológov prostriedkom tvorby modelov a manipulácie s nimi, umožňujúcim vyjadrenie zložitosti biologických javov a procesov, slúžiacimi pre popis a porozumenie biologických systémov. Podstatnými pre skúmanie biosystémov sú:

- metódy algebraických a pravdepodobnostných prístupov konštrukcie biologických systémov založených na poznaní základov z matematickej analýzy a najmä teórie pravdepodobnosti a metód matematickej štatistiky, a to tak jedno- ako aj mnohorozmerných štatistických analýz,

- **metódy identifikácie matematických modelov biosystémov** (analytický a empirický prístup tzv. čiernej skrinky matematického modelu systému, ako aj získavania údajov),
- **informačné metódy syntézy biologických systémov** (matematické základy informácie, miera informácie, entropia, stochastické spracovanie informácie a jej prenos),
- **biokybernetika**, ako veda skúmajúca všeobecné zákony a procesy riadenia a prepojenia prirodzených a umelých biosystémov.

V štúdium analýzy a syntézy biologických systémov riadenia sa využívajú poznatky zo širokej palety súčasných poznatkov **analytického riadenia**, v biológii najmä adaptívnych biologických systémov.

Pri diskusiách o využití matematických a štatistických metód pri modelovaní v biológii a analýze experimentov sme sa v našich príspevkoch v minulosti zaoberali:

- minimálnymi poznatkami z matematiky – matematickým minimom,
- metódami teórie pravdepodobnosti, základmi matematickej štatistiky a úvodom do mnohorozmerných štatistických metód,
- matematickým modelovaním a simuláciou biologických systémov,
- modelmi rastu a vývinu organizmov a populácií,
- modelmi v genetike populácií, genetickom inžinierstve a biotechnológiách, ekológii a etológii.

V nasledovnej tabuľke (Tab. 1) sú uvedené požiadavky poznatkov z matematickej štatistiky potrebné pre štúdium metód genetiky populácií.

Tab. 1 Porovnanie obsahového zamerania učebnice matematickej štatistiky a kvantitatívnej genetiky

Anděl (1978)	Falconer (1960, 1985)
1. Náhodné veličiny	1. Genetická skladba populácie
2. Náhodné vektory	Selekčný index
3. Hustoty	Frekvencie génov a genotypov
4. Vety o maticiach	14. - 16. Inbreeding a kríženie I, II, III, Selekčný index
5. Normálne rozdelenie a rozdelenia s ním súvisiace	6. Spojitá premenlivosť, 7. Hodnoty a priemery
6. Regresia	8. Variancia (rozptyl)
7. Korelácia	10. Dedivosť
8. Lineárny model	9. Genetická príbuznosť, 19. Korelované vlastností
9. Analýza rozptylu	10. Dedivosť, 11.- 13. Selekcia I, II, III
10. Limitné vety	10. Dedivosť, 8. Variancia, komponenty rozptylu
11. Testy dobrej zhody	17. Škály, Rozdelenie a rozptyl, Interakcie
12. Kontingenčné tabuľky	2. Zmeny génovej frekvencie, Migrácia, Mutácia, Selekcia,
13. Prehľad najpoužívanejších neparametrických metód	3. 4. Malé populácie: zmeny génovej frekvencie ...
14. Testovanie hypotéz	18. Prahové vlastností
15. Odhad parametrov	Testy hypotéz o genetických parametroch
16. Bayesovské metódy	10. Dedivosť, 19. Korelované vlastností
17. Mnohorozmerná štatistická analýza	10. Korelované vlastnosti, selekčný index
18. Štatistické tabuľky	Tabuľky

Zdroj: Anděl, 1978 [1], Falconer, 1960 [2], vlastné spracovanie

Zmienili sme sa tiež o využití matematických metód a modelov v **medicíne** a **environmentalistike** (životnom prostredí) a stručne sme spomenuli problematiku **synergetického modelovania** v biológii a problémov **biokybernetiky**.

Pre rozvoj národného hospodárstva je veľmi dôležité využitie matematicko-štatistických metód v **ekonomických vedách**, špecificky v **ekonometrii**. Podobne možno konštatovať pre oblasť spoločenských vied, konkrétne v **sociológii** a **psychológii**.

DISKUSIA A NÁMETY

V rámci uvedených vedných disciplín a problematík sme v našich príspevkoch heslovite uviedli potrebné poznatky z rôznych oblastí matematiky a biomatematickej, štatistiky a biometriky, analýz biologických systémov, programovania a výpočtovej techniky, ako aj ďalších vedných odborov. Na základe diskutovaných problémov jednotlivých oblastí vyplynulo, že štúdium biomatematických metód a biometriky a ich aplikácií je nemysliteľné bez adekvátnych základov stredoškolskej matematiky, ako aj vysokoškolskej matematiky na fakultách univerzít biologického zamerania, pričom ich rozvoj je v súčasnosti úzko spätý s využívaním aktuálneho softvéru, ktorý často výskumní pracovníci využívajú veľmi šablónovite. Tento stav je zapríčinený najmä tým, že vedecko-výskumní ale aj pedagogickí pracovníci nie sú dostatočne vyzbrojení základnými poznatkami z teórie zakladania pokusov, nedokážu často správne formulovať výskumnú otázku, a teda ani plánovať biologický experiment, nieto ešte konštruovať aspoň jednoduchý lineárny model pre riešenie postulovaných hypotéz, a teda aj vybrať vhodnú optimálnu metódu analýzy získaných pokusných údajov, či postulovať správne závery na základe použitých matematicko-štatistických analýz. Je preto namieste položiť si otázku, ako danú situáciu riešiť, samozrejme nie globálne, ale špecificky v prospech rozvoja biologických disciplín na univerzitách i vedecko-výskumných inštitúciách, najmä rezortu poľnohospodárstva, ale aj iných rezortov.

Možnými riešeniami danej situácie by mohli byť:

- **prehodnotenie osnov výučby** matematiky, matematickej štatistiky či biometriky a prípadne biomatematickej v rámci fakúlt, ako aj medzi fakultami v prospech špecifického profilovania odborníkov, v tej ktorej oblasti,
- **špecifické štúdium a konzultácie** predmetných oblastí matematického vzdelávania pri zadávaní a riešení diplomových prác, ako aj zapojenia vynikajúcich študentov do riešenia vedecko-výskumných prác katedier fakúlt v spolupráci so špecializovanými katedrami, zaoberajúcimi sa predmetnou problematikou,
- **spolupráca univerzít** pri výchove študentov, ale aj adeptov vedy a výskumu s **vedeckými inštitúciami rezortu pôdohospodárstva a ústavmi SAV**,
- **spolupráca pri organizovaní vedecko-výskumných podujatí, seminárov a konferencií** medzi univerzitami a vedecko-výskumnými inštitúciami na Slovensku,
- ako aj **ďalšími inými aktivitami spolupráce univerzít a inštitúcií vedy a výskumu**, bez ohľadu na súčasný neuspokojivý stav, s cieľom výchovy odborne fundovaných absolventov univerzít a perspektívnych vedeckých pracovníkov.

Pre aktívne plnenie nami navrhovaných riešení, ako aj iných možností zvyšovania úrovne biologicko-matematicky fundovaných odborníkov, ktoré by vyplynuli z diskusie k tejto problematike sú členovia Komisie pre biometriku P - SAPV ale aj Komisie biometriky ČAZV pripravení aktívne spolupracovať s odborníkmi univerzít.

ZÁVER

Zložitosť biologických systémov či biologických problémov nemožno komplexne sledovať, študovať, riešiť a popísať bez adekvátnych matematických základov a tiež zodpovedajúcich biomatematických a biometrických poznatkov. Zvyšovanie úrovne vedecko-výskumných odborníkov, ale aj študentov a absolventov fakúlt prírodovedného zamerania, ktorí sa budú

chciet' realizovať v praxi, najmä pri súčasnom búrlivom rozvoji moderných biotechnológií či genetického inžinierstva, je teda podmienené zvládnutím minimálnych základov matematiky, biomatematicky, biometriky a modelovania biologických javov a procesov. Pre pozitívne riešenie diskutovaných problémov odporúčame zintenzívniť spoluprácu medzi pracoviskami univerzít, vedecko-výskumných inštitúcií rezortu pôdohospodárstva a ústavmi SAV.

LITERATÚRA

Knížné publikácie

- [1] Anděl, J.: Matematická statistika, SNTL Praha - ALFA Bratislava, 1978, 352 s, 4 obr., 68 tab., 04-017-78.
- [2] Falconer, D.S.: Introduction to Quantitative Genetics, Longman, London and New York, 1960, 1981, ruský preklad: Agropromizdat, Moskva, 1985, 486 s.
- [3] Grofik, R. - Fľak, P.: Štatistické metódy v poľnohospodárstve. Príroda, 1990, 344 s., ISBN 80-07-00018-6.
- [4] Husár, J.: FORTRAN pre výskumných pracovníkov v poľnohospodárstve. 1975, Ministerstvo poľnohospodárstva a výživy SSR, Bratislava, 294 s.
- [5] Husár, J. - Miština, T.: Vybrané štatistické metódy pre vyhodnocovanie pokusov. 1980, Výskumný ústav závlahového hospodárstva, Bratislava, Výskumný ústav rastlinnej výroby, Piešťany, 143 s., 7 príloh.

Vedecké publikácie a populárno-vedecké príspevky

- [6] Fľak, P.: Matematické metódy hodnotenia ukazovateľov správania sa hospodárskych zvierat. 1. celoštátny seminár k etológii aplikovanej v zootechnike hospodárskych zvierat 27. - 28. 11. 1979, VÚŽV Nitra. Zborník referátov Etológia a jej uplatnenie pri prechode na priemyselné formy chovu hospodárskych zvierat. VÚŽV-ČSVTS, 1979, s. 46-51.
- [7] Fľak, P.: Biometricko-genetické aspekty hodnotenia biotechnológií. In Zborník Biometrická genetika a systémová analýza v živočíšnej výrobe. Skalský dvúr, 29. - 30. 11. 1988, VTS PEF VŠZ Brno, 1988, s. 48-65.
- [8] Fľak, P.: Biologická a genetická determinácia rastu zvierat. Doktorská dizertačná práca. VÚŽV Nitra, 1990. 485 s.
- [9] Fľak, P.: Princípy modelovania a simulácie biosystémov a ich aplikácie v zootechnickom výskume. In Zborník Modelovanie biologických systémov, X. letná škola biometriky, Račkova dolina 8. - 12. 6. 1992, ZS VTS VÚŽV Nitra, ES VŠP Nitra, 1992, s. 125-141.
- [10] Fľak, P.: Štatistické metódy v bioklimatológii. Zborník prác z Bioklimatických pracovných dní Bioklimatológia a zmeny klímy. I. Technická bioklimatológia. 22. - 23. 11. 1995 v Nitre. Slovenská bioklimatologická spoločnosť SAV Bratislava, Katedra biometeorológie a hydrológie FZKI VŠP Nitra, Katedra meteorológie a klimatológie MFF UK Bratislava, VÚŽV Nitra, Štátna veterinárna správa SR Bratislava. 1996, s. 69-73. ISBN 80-7148-012-6.
- [11] Fľak, P.: Matematika v biometrike a biomatematike. Zborník vedeckých prác zo seminára na Katedre matematiky SPU Aplikácia matematiky vo výučbe, výskume a praxi. SPU FEM, ES SPU, Nitra, 1998, s. 28-32. ISBN 80-7137-565-9.
- [12] Fľak, P.: Metódy matematickej biológie. Zborník vedeckých prác zo seminára na Katedre matematiky SPU Obsah a metódy výučby matematiky a jej aplikácie v inžinierskych odboroch. SPU FEM, VES SPU, Nitra, 1999, s. 11-16. ISBN 80-7137-650-7.
- [13] Fľak, P.: Matematické aspekty modelovania a hodnotenia rastu organizmov. Zborník Úloha a postavenie matematiky medzi inými vednými disciplínami. Katedra matematiky, FEM SPU, Nitra, 2000, s. 77-80. ISBN 80-7137-781-3.
- [14] Fľak, P.: Modelovanie a hodnotenie rastu organizmov pomocou alometrickej funkcie $y = bx^a$. Zborník Nové trendy vo výučbe matematiky. Katedra matematiky, FEM SPU, Nitra, 2001, s. 24-29. ISBN 80-7137-953-0.
- [15] Fľak, P.: Linear models in populations genetics. Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Masarykianae Brunensis, Mathematica 9, 2001, 3-20.
- [16] Fľak, P.: Matematické a štatistické metódy genetiky populácií. Zborník vedeckých prác z medzinárodnej konferencie Matematika vo výučbe, výskume a praxi 2002, Katedra matematiky, FEM SPU Nitra, 11. jún 2002, s. 138-143. ISBN 80-8069-040-5.
- [17] Fľak, P.: Regression methods of estimating of genetic parameters. Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Masarykianae Brunensis, Mathematica 11, 2002, 29-52.
- [18] Fľak, P.: Matematicko-štatistické metódy alometrického rastu. Zborník Matematika vo výučbe, výskume a praxi 2003. Katedra matematiky, FEM SPU, Nitra, 2003, s. 152-159. ISBN 80-8069-203-3.

- [19] Flak, P.: Matematicko-štatistické metódy viacrozmerného alometrického rastu. In CD: Zborník vedeckých prác z medzinárodnej vedeckej konferencie Matematika vo výučbe, výskume a praxi 2004. Katedra matematiky, FEM SPU, Nitra, 26. máj 2004, s. 51-56. ISBN 80-8069-371-4.
- [20] Flak, P.: Analysis of variance method problems of estimation of genetic parameters. Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Masarykianae Brunensis, Mathematica 12, 2004, 95-114.
- [21] Flak, P.: Biometrika a biomatematika v udržateľnej živočíšnej výrobe. In Zborník referátov XVI. letná škola biometriky Biometrické metódy a modely v pôdohospodárskej vede, výskume a výučbe, Račkova dolina 21. – 25. júna 2004, A-SAPV, VES SPU Nitra, 2004a, s. 11-18. ISBN 80-89162-06-1
- [22] Flak, P.: Význam a postavenie matematicko-štatistických metód v udržateľnom poľnohospodárstve. In Zborník 12. slovenská štatistická konferencia Štatistika a integrácia, Slovenská štatistická a demografická spoločnosť. Bardejovské kúpele, 4. - 6. 10. 2004, 2004b, s. 186-195. ISBN 80-88946-37-9.
- [23] Flak, P.: Matematické a štatistické metódy modelovania v biológii. In CD: Zborník vedeckých prác z 5. medzinárodnej konferencie Aktuálne trendy v matematickom vzdelávaní po vstupe do Európskej únie, Katedra matematiky, FEM, SPU Nitra, 2. - 3. júla 2005, s. 54-62. ISBN 80-8069-549-0.
- [24] Flak, P.: Mnohorozmerné štatistické metódy v genetike populácií. In CD: Zborník vedeckých prác zo seminára s medzinárodnou účasťou Matematika a jej aplikácie v inžinierskom vzdelávaní, Katedra matematiky, FEM SPU, Nitra, 2. júna 2006, s. 51-60. ISBN 80-8069-708-6
- [25] Flak, P.: Poznámky k výučbe biomatematiky a biometriky na univerzitách. Sborník referátů XVII. letní školy biometriky, Biometrické metody a modely v současné vědě a výzkumu, Lednice, 21. 8. - 25. 8. 2006, ÚKZÚZ Brno, Brno 2006, s. 125-128. ISBN 80-86548-89-9.
- [26] Flak, P.: História a činnosť Komisie pre biometriku P-SAPV, kap. 11.2. In: 90 rokov pôdohospodárskych vied na Slovensku 1924-2014. Kolektív autorov, SAPV Nitra, 2014, s.64-70. ISBN 978-80-89162-61-1.

HISTORY, PRESENT AND FUTURE OF BIOMETRIC AND BIO-MATHEMATICS METHODS IN SCIENCE AND RESEARCH

ABSTRACT

Biometrics and biomathematics applied in agricultural sciences, biology and other regions of sciences have an important role for evaluation of biological experiments. The Commissions of Biometrics of the Slovak Academy and the Czech Academy of Agricultural Sciences have a significant role for development of agricultural sciences in our countries. The brief historical review, present state, but mainly the topics and roles for a future exploitation of mathematical and statistical methods, biometrics and biomathematics are subject not only of the expert's scientific discussions for agricultural sciences development, but also for integral development of human society.

KEY WORDS: mathematics, biometrics, biomathematics, agriculture, biology, natural and society sciences

Kontaktná adresa

Ing. Pavel Flak, DrSc.,
Slovenská akadémia pôdohospodárskych vied, Komisia pre biometriku P-SAPV,
Hlohovská 2, 949 92 Nitra - Lužianky
e-mail: flakpavel@gmail.com