Стручни критички осврт

Мр Небојша В. Тодоровић, *Primena bliske infracrvene spektroskopije u predviđanju svojstava termički modifikovanog drveta bukve sa lažnom srčevinom* (енгл. *Application of near-infrared spectroscopy in prediction of properties of thermally modified beech wood with red heartwood*). Докторска дисертација. Београд: Шумарски факултет Универзитета у Београду, 2012, 255 стр. (ментор проф. др Здравко Поповић; комисија: З. Поповић, В. Здравковић, Г. Милић, И. Цинчић, Б. Јовић). Научна област: прерада дрвета; научна дисциплина: примарна прерада дрвета. Одбрањено 29. новембра 2012. Отворени приступ: НаРДуС.

I Предмет, грађа и мерило

Дисертација спаја три предмета која су у домаћој преради дрвета дуго стајала одвојено: букову лажну (неправу) срчевину каоману сировине, термичку модификацију дрвета као поступак који та својства мења, и блиску инфрацрвену спектроскопију (NIR) као недеструктивни метод предвиђања својстава. Рад полази од уочене празнине и изриче је без околишења — да „do sada nije ispitivano predviđanje svojstava netretirane i termički modifikovane bukove lažne srčevine“ (стр. 63) — и одатле поставља циљ да се испита може ли се NIR применити у предвиђању физичких, савојних и колориметријских својстава буковог дрвета из бељике и лажне срчевине, пре и после термичке модификације. Тежиште рада је, дакле, експериментално и хемометријско, а не прегледно; то одређује како се мере све замерке које следе.

Пре свега осталог ваља изрећи мерило, изричито и без изузетка. Рукопис је Факултету предат 6. јула 2012. године (израђена дисертација предата уз одлуку ННВ, а извештај Комисије носи датум 6. јула 2012). Рад се стога овде мери искључиво према литератури, стандардима, прописима и знању који су постојали и били доступни пре тог тренутка. Ништа настало касније није мерило: ни доцнија издања стандарда за испитивање дрвета (серија ISO 13061 из 2014. и даље), ни новија колориметријска или метролошка издања. То правило важи и за списак литературе овог осврта — свака његова јединица објављена је пре средине 2012, изузев саме дисертације и извештаја Комисије, који су предмет оцене, и података који се временом не мењају (уз назнаку издања).

Наводи из дисертације преносе се дословно, у наводницима и у писму рада (латиница), с бројем стране према штампаној пагинацији. Наводи из спољних извора дати су у изворнику, с тачним извором.

Још једно ваља рећи на почетку, јер одређује како се чита методолошки слој рада. Дисертација је по природи пројектно-експериментална студија изводљивости једне мерне методе, а не оглед постављен ради оповргавања класичне нулте хипотезе. То не ослобађа рад захтева да оно што тврди буде тачно, доследно и проверљиво изведено, али усмерава на права мерила: на квалитет калибрације, валидације и извештавања, а не на формалну структуру статистичког теста.

II Шта рад доноси

Осврт је дужан да почне оним што дисертација јесте, јер је то и највећи део онога што она вреди.

Прво и најважније, рад доноси обиман и добро постављен сопствени оглед. На једанаест букових стабала са здравом лажном срчевином, из тридесет три трупца, припремљене су стотине епрувета из подручја бељике и лажне срчевине; примењена је термичка модификација на 170, 190 и 210 °C у трајању од 4 h; снимљено је више хиљада NIR спектара с попречне и радијалне површине, а калибрационе матрице имале су 2075 спектралних (X) варијабли наспрам мерених својстава. Уз то су одређена физичка својства (влажност, густина, губитак масе), боја у CIELAB систему и савојна својства (чврстоћа, модул еластичности, напон на граници пропорционалности). Реч је о обимној експерименталној основи.

Друго, рад доноси налаз који је сам себи главни допринос: могућност да се својства термички модификованог дрвета предвиде из спектара снимљених пре третмана. Питање је изричито постављено — рад испитује да ли „do sada nije detaljnije analizirano predviđanje svojstava termički modifikovanog drveta, a na osnovu spektara snimljenih sa netretiranog drveta“ (стр. 63) — и разрађено кроз посебан тип калибрационе матрице (спектар нетретираног → својство термички модификованог). То има непосредну практичну вредност за сортирање сировине пре третмана и представља искорак који рад сам издваја као до тада неиспитан (стр. 63).

Треће, рад систематски карактерише разлике између букове бељике и лажне срчевине и мери шта с њима чини термичка модификација. Закључак је прецизан и нумерички поткрепљен: „Utvrđeno je da se netretirana beljika i lažna srčevina bukovog drveta razlikuju po higroskopnosti, boji i modulu elastičnosti, dok je beznačajna razlika utvrđena kod gustine i savojne čvrstoće“ (стр. 192–193), а термички третман на 210 °C боју двају делова готово изједначава. Из истог круга је и нетривијалан налаз да анатомска површина снимања утиче на спектар јаче него порекло дрвета: „Analiza glavne komponente pokazuje da je razlika između površina istog drveta veća nego ona

koja je ustanovljena između istih površina sa različitih delova bukovog drveta“ (стр. 134) — што и објашњава зашто је класификација бељике и лажне срчевине NIR-ом тешка и носи практичну поруку о избору површине за снимање.

Четврто, методолошки слој калибрације изведен је дисциплиновано. Рад унапред поставља мерљиве услове прихватљивости модела — тражи да модел „ima što manju vrednost standardne greške u kalibracionom skupu (SEC), a što veću vrednost RPD-a i koeficijenta determinacije (R2), ali što manji broj latentnih varijabli“ (стр. 95), уз услов SEP<1,3·SEC, нагиб ≈ 1 и bias < SEC — чиме избегава да модел прогласи успешним произвољно. Издвајање узорака у калибрациони и валидациони скуп изведено је спектралном методом (анализа главних компонената, Hotelling T^2, leverage и студентизовани резидуали), број латентних варијабли биран је петоструком унакрсном валидацијом, а робусност и значајне таласне дужине испитани су Мартенсовим тестом.

Пето, рад доследно наводи и оно што му не иде у прилог. Отворено бележи да NIR-ом није могуће поуздано класификовати термички модификовану бељику и лажну срчевину: „pomoću NIR spektara veoma teško klasifikovati termički modifikovano bukovo drvo, na temperaturama od 170, 190 i 210° C – 4h, iz predela beljike i lažne srčevine“ (стр. 157). Уз најбоље моделе наводи и најслабије: „Ipak je najmanja vrednost RPD-a (1,32) odnosno koeficijenata determinacije (0,43) upravo zabeležena kod primene NIR-a u predviđanju čvrstoće na savijanje drveta iz predela lažne srčevine“ (стр. 196). И — што говори о самокритичности — не преувеличава сопствену ранију методу (промену боје, на којој почива његов објављени рад из 2012), него по RPD-у изричито признаје да NIR за већину својстава надмашује боју: „Prema RPD vrednostima kod beljike NIR ima prednost kod gustine i modula elastičnosti, a boja kod čvrstoće na savijanje, dok je kod lažne srčevine NIR superiorniji kod svih ispitivanih svojstava“ (стр. 203). Признаје и начелно ограничење методе коју примењује: „ono što je mana NIR metode jeste ta što se ne može izraditi generalan model koji je isti za sve vrste drveta“ (стр. 62).

Најзад, потребно је поштено рећи и оно што надилази појединачне вредности: сопствени прорачуни из приложених табела, физичке величине и преношење бројева из цитиране литературе у највећем делу су тачни. Та поузданост фактографске основе није споредна околност: она је оно што уопште омогућава да се о раду расправља овако детаљно. Рад је, уз то, изведен из истраживања потврђеног објављеним чланком у међународном часопису *BioResources* 7(1) 2012 (категорија М21) и излагањем на конференцији *The Fifth European Conference on Wood Modification* (Рига, 2010).

III Циљ, хипотеза и метод

Хипотетички оквир рада изложен је посредно. Изричита, нумерисана хипотеза с нултом претпоставком не постоји — реч „hipoteza“ у целом тексту јавља се једино уз историјски помен Jayne-a (1959) — него је истраживање операционализовано кроз основни циљ, да се „utvrde mogućnosti određivanja svojstava termički modifikovanog drveta bukve sa sadržajem lažne srčevine na osnovu snimljenih spektara iz oblasti bliskog infracrvenog zračenja“ (стр. 63), и кроз осам конкретних питања. Основну хипотезу и њену потврду формулише тек извештај Комисије (о томе в. одељак X). Засебан, изричито постављен услов под којим би теза била оповргнута олакшао би читаоцу да закључке измери према полазишту; изостанак такве формулације не дира садржину налаза, али је реч о слабости артикулације, не о суштинском пропусту — тим пре што рад располаже имплицитним, мерљивим критеријумом успешности.

Тај критеријум јесте усвојени праг RPD-а. Рад узима RPD (однос стандардне девијације референтних вредности према стандардној грешци предвиђања) као показатељ квалитета калибрације, а вредност изнад 1,5 усваја као границу за почетни, а изнад 2,5 за „јак“ скрининг (Schimleck et al., 2001) — тај праг за груби скрининг у NIR-литератури о дрвету устаљено потиче од Шимлекове групе; поредбену скалу разреда RPD-а рад узима по Williams-у (2001), а иста традиција стоји и иза приручника Næs, Isaksson, Fearn, Davies (2002), који рад сам цитира. Тиме је теза начелно проверљива и без формалне нулте хипотезе.

Осетљивије је, међутим, што се тај исти праг не примењује доследно у општим оценама. Део модела остаје испод усвојене границе — савојна чврстоћа лажне срчевине с RPD 1,32, појединн модел модула еластичности с 1,30, предвиђање боје из спектара нетретираног дрвета с вредностима 1,10–1,18 — а општа оцена их обухвата као задовољавајуће и корисне, без сажетог исказа који модели праг прелазе, а који не. Ту напетост не треба преувеличати: рад све те најниже вредности транспарентно наводи уз одговарајуће својство (в. одељак II), па читалац има пуну грађу да сам просуди, а оцена да је метода успешна односи се на већину својстава и на најбоље моделе (густина и боја, RPD > 2). Оно што стоји као примедба јесте да би закључку користио изричит преглед пролазности према сопственом прагу — јер се без њега општа формулација о успешном предвиђању и оно што бројеви носе не поклапају докраја.

Избор хемометријске методе (PLS регресија, PCA, унакрсна валидација, издвојени валидациони скуп) сам по себи није спорaн — то је поступак који управо литература коју рад узима за меродавну признаје као стандардан, а за ограничен број узорака и препоручује (ASTM E1655-05, *Standard Practices for Infrared Multivariate Quantitative Analysis*; Næs, Isaksson, Fearn, Davies, 2002). Спорно је, где јесте, шта се из појединих корака закључује — о чему у одељцима V–VII.

IV Преглед литературе: лажна срчевина, термичка модификација, NIR

Преглед досадашњих истраживања (поглавље 2) покрива три укрштене области и, у целини, добро припрема експеримент. Најбоље место тог дела јесте критички однос према противречној грађи: приказујући бројне и несагласне теорије о узроку настанка букове лажне срчевине, рад поштено закључује да „bez obzira na veliki broj istraživanja, uzrok nastanka lažnog srca nije jasno definisan“ (стр. 13) — што је знак зрелог, а не пуко набрајајућег прегледа. Хемијске промене при термичкој модификацији изложене су квантитативно и упоредно (лишћар/четинар): „Poređenja radi kod bukovine je sadržaj hemiceluloza smanjen za oko 2,43 puta a kod bora skoro da i nije došlo do promene (za 1,07 puta)“ (стр. 24) — што директно припрема каснији кључни налаз да су највеће промене апсорбанце управо на таласним дужинама хемицелулоза. Теоријски темељ NIR-а (распоред овертонских и комбинационих трака, везе с водониковим групама) постављен је јасно и тачно.

Неколико примедаба на овај део стоји, али ниједна не дира тезу.

Прва је распоред прегледа кључних својстава. Одељак 2.2.3 о својствима термички модификованог дрвета не даје сажет преглед литературе баш о промени боје и густине, а то су два од четири својства која рад потом предвиђа NIR-ом. Грађа, међутим, није изостала него је распоређена: боја је уведена раније (2.2), густина лажне срчевине обрађена у 2.1, а систематски преглед боје термички модификованог дрвета дат уз сопствене резултате (6.4–6.8). То је разумљив избор када је својство централна тема сопственог налаза, па се овде не узима за суштинскуману, него као примедба на распоред.

Друга је ослонац на посредно цитирање. Део навода, укључујући неке ближе самој теми, преузет је преко новијих прегледних радова (нарочито Esteves и Pereira, 2009), али је свуда изричито означен назнаком да је навод посредан (обликом prema извору), извори-преносиоци стоје у попису, а темељна изворна дела о термичкој модификацији наведена су и непосредно. Реч је, дакле, о прихватљивом и транспарентно спроведеном поступку; примедба се своди на то да би поједина темељна дела ближа самој теми (нпр. о кристаличности целулозе, о привидном порасту лигнина) добила у поузданости да су приказана из изворника, а не само преко прегледа.

Треће су ситне непрецизности у преношењу појединих литературних података, где су бројеви верно пренесени, а сажимање или тумачење помакнуто. Код Sailer-а и сарадника (2000) — истог огледа ужно-топлотне обраде који су Rapp и Sailer (2001) детаљно приказали — вредности 51 % и 37 % јесу удео *задржане* ударне савојне чврстоће, а рад их преноси као износ *смањења*, па се однос уље/ваздух обрће; реч је, међутим, о споредном податку из стране литературе о четинарима, ван тезе рада.

Слично, налаз Metsä-Kortelainen-а и сарадника (2006) о апсорпцији воде код термички третиране срчевине пренет је обрнуто (тврдња да нема разлике насупрот изворном налазу да срчевина апсорбује мање) — али и то је изолована непрецизност у прегледу о четинарима, без последица по букву и резултате. Такве омашке ваља исправити, али оне не дирају ниједан носиви налаз, који почивају на сопственом огледу.

Четврто, једна оквирна теоријска вредност дата је неусклађено. Горња граница далеке инфрацрвене области у тексту стоји као „talasne dužine od 780 do 500000 nm (izraženo preko talasnog broja od 12820 do 10 cm-1)“ (стр. 32), а у Табели 2 као 10 000 000 nm, док по конверзионој формули 10 cm^{-1} одговара 1 000 000 nm. Реч је о вредности у дефиниционом уводу и не дира мерења, која су сва у радном NIR опсегу.

V Оглед, материјал и мерење

Оглед је планиран промишљено и описан довољно потпуно да буде поновљив. Избор броја стабала и распоред трупаца по висини свесно су постављени тако да обезбеде контролисану, али довољну варијабилност — рад изричито образлаже да се определио „za veću reprezentativnost lažnog srca i da, sa jedne strane, svesno izbegnemo rizik malog broja uzoraka bez prisustva grešaka, a da sa druge, izbegnemo preveliku homogenost uzoraka koja bi mogla da dovede do lošeg predviđanja svojstava drveta“ (стр. 72). То је зрело хемометријско разумевање: премало варијабилан скуп даје лош калибрациони модел. Мерни поступак NIR снимања потпуно је спецификован (уређај, додатак за дифузну рефлексију, опсег, резолуција, број скенова, отвор, усредњавање спектара по површини).

Три ограничења, међутим, стоје и ваља их изрећи.

Прво се тиче домета огледа. Грађа потиче с једног порекла (Гоч), од једне врсте (буква с лажном срчевином) и из једног трајања третмана (4 h, три температуре), а епрувете су „bile bez vidljivih grešaka i deformacija“ (стр. 76). Отуда спољашња ваљаност закључака строго важи за здраво, беспрекорно дрво тог порекла и за испитани режим, а не нужно за индустријску сировину с грешкама ни за друга трајања третмана. То није грешка огледа — контролисана варијабилност је нужна за смислену калибрацију — него граница коју закључци о режиму термичке модификације и о применљивости NIR-а за сортирање треба изричито да носе, што у закључцима недостаје.

Друго је опис ваге. Рад наводи да је „Masa je izmerena na analitičkoj digitalnoj vagi tačnosti 0,1 g, a dimenzije u sva tri anatomska pravca (radijalnom, tangencijalnom i aksijalnom) su izmerene pomoću pomičnog kljunastog merila tačnosti ±0,01 mm“ (стр. 81). Спој аналитичке ваге и тачности 0,1 g је неусклађен: вредности које рад даје — равнотежна влажност с две децимале и густина с три — несагласне су с резолуцијом

од 0,1 g и указују да је коришћена финија вага. Значај резолуције за мерену величину непосредно осветљава међународни водич за исказивање мерне несигурности: „If the resolution of the indicating device is δx, the value of the stimulus that produces a given indication X can lie with equal probability anywhere in the interval X − δx/2 to X + δx/2. … Thus a weighing instrument with an indicating device whose smallest significant digit is 1 g has a variance due to the resolution of the device of $u^2 = (1/12)\ g^2$ and a standard uncertainty of $u = (1/\sqrt{12})\ g = 0{,}29\ g$“ (JCGM 100:2008, *GUM*, т. F.2.2.1). За узорке масе реда неколико грама резолуција од 0,1 g не би била занемарљива у влажности и густини, које су референтне (Y) вредности калибрације. Зато се примедба води као неусклађеност описа, коју треба исправити навођењем стварног модела и резолуције.

Треће је неидентичан режим кондиционирања двају скупова, названих истим. Термички модификовани узорци, „zbog tehničkih problema izjednačavanje vlage nije obavljeno u klima komori kao za netretirane uzorke“ (стр. 80), него изнад засићеног раствора натријум-дихромата (49–53 % релативне влажности), уз закључну реченицу „Na ovaj način su obezbeđeni isti uslovi izjednačavanja vlage kao i pre tretmana“ (стр. 80). Реч „isti“ ту је преоштра. По међународном речнику метрологије, услов поновљивости подразумева „the same measurement procedure, same operators, same measuring system, same operating conditions and same location“ (JCGM 200:2008, *VIM*, т. 2.20) — а овде су услови слични, не идентични. Тежину примедбе ваља поштено сузити: аутор транспарентно наводи технички разлог и постигнути распон, који обухвата циљаних 50 %, а смањена равнотежна влажност термички модификованог дрвета последица је самог третмана (смањене хигроскопности), не начина кондиционирања; кад су оба скупа доведена на приближно исту влажност, разлика одражава материјал. Стога „isti uslovi“ треба читати као практично исте услове, а разлика не обара носеће налазе.

Уз то стоји и питање напона на граници пропорционалности, одређеног на подскупу од 30 епрувета по групи (наспрам знатно већих узорака за чврстоћу и модул) и очитаног графички из дијаграма сила–угиб, без изричитог образложења за мањи узорак. Тај показатељ није носећи за основну тезу, а тренд пораста његовог учешћа с температуром јасан је и на том узорку; примедба је лака, али документовање избора узорка овде недостаје.

VI Модели, валидација и показатељи

Хемометријски поступак је, у целини, изведен строго. Поред петоструке унакрсне валидације, коришћен је и издвојени валидациони скуп (однос приближно 2/3 : 1/3), што је строже од саме унакрсне валидације; издвајање аутлајера спроведено је документованим дијагностикама, а број латентних варијабли биран је унакрсном валидацијом. Најбоља калибрација — „Kod gustine u apsolutno suvom stanju vlažnosti

zabeležena je najveća vrednost R2 tj. RPD-a od 0,84 i 2,78“ (стр. 136) за густину бељике с попречне површине — и најбоље предвиђање боје (RPD за ΔE до преко 4) јасни су, проверљиви и графички приказани квантитативни резултати.

Две методолошке ограде, ипак, стоје.

Прва је најважнија и тиче се домета показатеља предвиђања. Издвојени валидациони скуп потиче из истог материјала (истих једанаест стабала, истих дасака) и намерно је биран да буде статистички сличан калибрационом — рад изричито наводи да су „prosečna vrednost i standardna devijacija ispitivanih svojstava kod uzoraka za kalibraciju i validaciju veoma slični“ (стр. 90) и да је интервал вредности валидационог скупа унутар интервала калибрационог. Отуда показатељи предвиђања (Rp^2, RPD, SEP) одражавају преносивост *унутар* исте популације — интерполацију — а не предикцију на дрвету из независних стабала и станишта, што је баш циљ примене (сортирање у пракси). За ограничен број узорака ово је прихваћен и препоручен поступак поделе (Næs, Isaksson, Fearn, Davies, 2002; ASTM E1655-05), па се не тражи другачији оглед; али домашај показатеља на реалну сировину треба тумачити управо с том оградом, коју закључци не изричу.

Друга је начелни ризик прекомерног прилагођавања. Рад дозвољава до дванаест латентних варијабли — „Pri ovome je maksimalno korišćeno 12 latentnih varijabli“ (стр. 92) — што је висок таван за калибрационе скупове реда неколико десетина до око стотину педесет узорака. Ризик, међутим, није реализован: критеријум избора тражи најмањи број варијабли, услов $SEP<1{,}3\cdot SEC$ кажњава претренираност, а стварно коришћен број латентних варијабли у просеку је свега око 4,3 (попречна) и 5,9 (радијална површина), дакле знатно испод тавана. Управо те контроле стандард за мултиваријантну калибрацију и препоручује (ASTM E1655-05; Næs, Isaksson, Fearn, Davies, 2002), па примедба остаје као методолошка опрезност, а не као показан недостатак.

Уз то стоји и уско, али стварно ограничење поглавља о робусности (6.7): за моделе са смањеним бројем варијабли, добијене Мартенсовим тестом, дате су само калибрационе статистике (Rc^2, RPDc), без независне валидације, па оцена њихове стабилности почива на калибрацији; а сам појам робусности употребљен је неспретно — реченица да се елиминацијом непотребних варијабли „čime model postaje manje robustan i mnogo korisniji u cilju njegove interpretacije“ (стр. 96) терминолошки збуњује, тим пре што је наредна реченица разрешава у супротном смеру. Мартенсов тест овде примарно служи идентификацији значајних таласних дужина (хемизму), што ублажава домет примедбе, али би појам робусности требало јасно дефинисати, а закључак о стабилности смањених модела поткрепити и валидационим показатељима.

VII Резултати и закључци о предвиђању својстава

Носеће закључке рад изводи из сопствених мерења и они су добро утемељени: разлике бељике и лажне срчевине по хигроскопности, боји и модулу еластичности уз безначајну разлику у густини и савојној чврстоћи (стр. 192–193); изједначавање боје двају делова на 210 °C; смањење равнотежне влажности, густине и савојне чврстоће термичким третманом уз практично непромењен модул еластичности; и налаз да се савојна чврстоћа термички модификованог дрвета „može bolje predvideti primenom NIR spektara u odnosu na primenu kod netretiranog drveta“ (стр. 162). Ту је рад веродостојан и његови су закључци у складу с приказаним подацима.

Оно што ваља исправити јесу аритметичке и преписне омашке, које следе из самих табела рада и за које не постоји спольно мерило осим тачности. Најизразитија је исказ да се, код савојне чврстоће лажне срчевине после смањења броја варијабли, RPD „povećala za 34 % (sa 1,86 na 2,01)“ (стр. 182): пораст с 1,86 на 2,01 износи око 8 %, а 34 % се не да извести ни из једног пара показатеља за то својство. Из истог круга је и обрнута замена показатеља код густине бељике у апсолутно сувом стању, где рад наводи да је „Broj varijabli je smanjen za 72,5 %, ali je vrednost RPD-a uvećana za 12 %“ (стр. 179), док 12 % заправо одговара порасту коефицијента детерминације, а сам RPD расте с 2,04 на 2,61 (око 28 %) — омашка која при том потцењује сопствени резултат. Слична је недоследна база појединих процената промене RPD-а (за једно својство рачунато на смањену, за друго на почетну вредност), непоклапање понеке F-вредности с вредношћу која следи из припадне табеле (нпр. иста вредност приписана двема различитим анализама варијансе), непоклапање неколико процената пораста апсорбанце попречне бељике (12 % и 44 %) с основном вредношћу у табели (из које следи око 9 % и 41 %), и понеки изведени просек који одступа од табеле (просечан RPD за једно својство наведен 1,86 уместо 1,96). Ниједна од тих омашки не мења смер закључка — раст RPD-а редукцијом варијабли, пораст апсорпције с температуром, предност радијалне површине — али их у монографском издању треба редом исправити, јер погађају бројчану следивост у деловима који носе главне поруке.

Две ограде тичу се доказне потпоре. Тврдња да PCA јасно издваја четири температурна кластера ослања се на дијаграм за који сам рад наводи да „grafikon nije prikazan“, па се из рада не може непосредно проверити; температурна промена спектра ипак је документована табелама апсорбанце и t-тестовима, али изостављени дијаграм требало је приказати. И закључци о хемијском саставу и настанку лажне срчевине изведени су из веома малих разлика у другом изводу NIR спектра, без независне хемијске анализе; рад их доследно ограђује („verovatno“, „pretpostavka“) и поткрепљује мерењима хигроскопности и савојних својстава, па су изнети као хипотезе — и тако их треба и читати, што рад чини.

Најзад, вредности разлике боје (ΔE) за нетретирано дрво тачно се репродукују из средњих CIELAB координата, док се за термички третирано дрво не добијају простим рачуном над средњим координатама двеју група, а начин обрачуна није експлициран. Изворна дефиниција коју је рад применио сама је стандардна — по колориметрији, разлика боја ΔE*ab у CIELAB простору дефинише се као еуклидско растојање између тачака двају стимулуса (CIE 15:2004, т. 8.2.1) — па је реч о методи обрачуна коју је требало навести (највероватније по упареним узорцима, истој епрувети пре и после третмана, што је чак прикладније за промену боје), а не о доказаној грешци у бројевима.

VIII Стандарди, техника, слике, табеле и језик

Овде се сабира већина преосталих замерки, све формалне или техничке.

Најдоследнија је терминолошка: величине изражене у cm^{-1} јесу таласни *број*, а не таласна *дужина*, а рад их на низу носећих места — у наслову табеле апсорпционих трака, на осама дијаграма и у методи, где стоји „talasnih dužina od 11000 do 3300 cm-1“ (стр. 88) — назива таласним дужинама. Реч је о двема различитим величинама: таласну дужину λ (јединица m) и таласни број (у пракси cm^{-1}) стандард величина и јединица одваја као различите величине (ISO 80000-7:2008, *Quantities and units — Part 7: Light*), а општа типографска правила траже да се симболи величина и јединица користе доследно: „Symbols for quantities are generally single letters set in an italic font“ (BIPM, *SI Brochure*, 8. изд., 2006, т. 5.3.1), док „Unit symbols are printed in roman (upright) type“ (исто, т. 5.1). Замерци даје тежину то што сам аутор у Списку скраћеница и симбола исправно раздваја λ (nm) и таласни број (cm^{-1}); ублажава је што је из саме јединице cm^{-1} увек јасно о којој је величини реч, па нема забуне у тумачењу трака. У исти ред спада и назив угла нијансе (hue) речју која означава сјај (gloss), иако је реч о тону боје, и понеки вербални лапсус у теоријском уводу (замењене улоге таласне дужине и таласног броја у односу на енергију), при чему су формуле и вредности тачне.

Друга је формална слабост методике: ниједан именовани стандард није цитиран за поступке одређивања влажности, густине, савојних својстава и боје. За боју, изворна публикација постоји и садржи управо дефиницију система који је рад применио, укључујући и рачунање разлике боја као еуклидског растојања у CIELAB простору (CIE 15:2004, т. 8.2.1). За физичка и савојна својства постојали су, у верзији важећој на рок, међународни и национални стандарди за мале чисте узорке дрвета (ISO 3130:1975 за влажност, ISO 3131:1975 за густину, ISO 3133:1975 за савојну чврстоћу, ISO 3349:1975 за модул еластичности, DIN 52186:1978 за савојни оглед; стандард EN 408:2010 односи се на конструкцијско дрво стварних димензија, па је овде тек посредно релевантан). За дисертацију из примарне прераде дрвета изостанак позивања на стандард отежава упоредивост с другим студијама. Тежину, ипак, ваља

тачно одмерити: сви поступци описани су формулама, димензијама, условима и опремом, па је оглед фактички поновљив — а образац по коме је рад форматиран изричито признаје да је довољно навести објављене поступке: „When writing your ‘Experimental’ section, the main criterion to follow is that other researchers in the future should be able to repeat your work. It is perfectly satisfactory to just cite published procedures that you followed“ (*BioResources*, Author Instructions). Реч је, дакле, о формализовању позивања и упоредивости, не о неусклађености самих мерења; у монографском издању поступке треба везати за именоване стандарде с ознаком и годином.

Остало су уредничке омашке које ваља отклонити, а ниједна не дира садржај: ознака једначине (25) употребљена двапут (за модул еластичности и за стандардну грешку калибрације), прескок у нумерацији једначина (после (2) следи (4)) и потпоглавља (после 5.6 следи 5.8), погрешне унакрсне упуте на табеле (улазна матрица за PCA упућена на Табелу 6 уместо на Табелу 3; поређење губитка масе упућено на Табелу 8 уместо 6; корекција влажности на Табелу 9 уместо 7), несагласност наслова и приказаног опсега на двема сликама спектара, погрешна ознака дела дрвета у једном пасусу (просек RPD лажне срчевине погрешно приписан бељици), и једна изокренута реченица о утицају влажности — „da vlažnost ima veći uticaj na promenu modula elastičnosti nego na čvstoću na savijanje“ (стр. 125) — коју сам рад на другом месту исправно поставља: „manja vlažnost termički modifikovanog drveta više doprinosi promeni tj. smanjenju čvrstoće na savijanje nego promeni modula elastičnosti“ (стр. 194). Најзад, кроз текст се провлаче лекторске омашке и недоследно писана страна имена и латински називи (међу њима „Coniphora“ уместо *Coniophora puteana* и недоследно ботаничко ауторство код *Fagus moesiaca*), те опис светлине L* као „intenzitet boje“, одмах појашњен у истој реченици; правопис српскога језика (Пешикан, Јерковић, Пижурица, 2010) те омашке своди на питање завршне редакције, без утицаја на садржај.

IX Научни апарат

Научни апарат је обиман и, у целини, уредан: попис од 290 нумерисаних јединица абецедан је и доследно форматиран по обрасцу часописа *BioResources*, свака јединица носи аутора и годину, тежиште је на актуелној литератури, а интернет извора нема — па нема ни проблема с датумима приступа. Посредно цитирање транспарентно је означено обрасцем „Prema…“, а извори-преносиоци стоје у попису. То ваља рећи пре свих замерки, које су претежно формалне.

Најозбиљнија је потпуност пописа. Неколико дела цитираних у тексту нема као засебну јединицу — међу њима домаћи извори о лажној срчевини и, што је најважније, Workman (1992), наведен као извор једначина за стандардне грешке калибрације и валидације (SEC, SECV, SEP). То је стварна празнина коју треба

допунити, јер спречава читаоца да од позивања дође до пуног податка. Тежину умањује то што је приближно половина неупарених позивања заправо омашка у години дела које јесте у попису под другом годином (те је извор проверљив по аутору), а не недостајући извор.

Остале су примедбе ситне и наводе се збирно: неколико јединица пописа (испод 3 %) не цитира се у тексту — међу њима конференцијски рад аутора из Риге (2010), који се у тексту не цитира; исто дело понегде носи различиту годину у тексту и попису (нпр. уџбеник Kollmann–Côté једном као 1968, једном као 1984); постоји један прави дупликат у попису и пар јединица без разликовне ознаке a/b; неколико страних презимена погрешно је откуцано у попису; а ознаке коефицијента детерминације предвиђања и калибрације (Rp^2, Rc^2) употребљене су у закључцима иако у Списку скраћеница стоји само R^2. Општа правила потпуности референце и три метода цитирања дефинише међународни стандард за библиографске референце (ISO 690:2010); он не прописује један стил, па сам избор обрасца аутор–година није погрешив — погрешне су само недоследности унутар изабраног обрасца, које рад иначе следи. Треба, ради правичности, рећи и супротно: опрема, софтвер и параметри калибрационих модела спецификовани су потпуно, а четири прилошке табеле дају за свако својство број узорака, предобраду, број латентних варијабли, аутлајере и све статистичке показатеље — што чини хемометријски део рада проверљивим.

X Однос рада и извештаја Комисије

Извештај Комисије не наводи ниједну замерку; истиче обиман експеримент, објављен рад категорије M21 и излагање на међународној конференцији. Оцена о обиму и коректности методологије одговара стању у тексту: оглед јесте обиман, а методологија калибрације уредно описана и изведена.

На три места, међутим, формулације извештаја стоје шире или уже него што текст носи, и то вања изрећи — не као доказ да је рад погрешан, него ради тачности. Прво, извештај наводи да су резултати потврдили основну хипотезу да се NIR „може успешно примењивати у предвиђању својстава буковог дрвета“ (извештај Комисије), при чему изричито постављене хипотезе у самом раду нема (в. одељак III), а сам рад садржи моделе испод усвојеног прага; успешно је, дакле, тачније рећи за већину својстава и за најбоље моделе. Друго, извештај на једном месту сажима да је разлика бељике и лажне срчевине забележена једино код равнотежне влажности — што је уже од сопственог закључка рада, који налази разлику и по боји и по модулу еластичности (стр. 192–193). Треће, изостанак иједне замерке прерогатив је Комисије, али неколико методолошких ограничења о којима је овде реч — интерполациони карактер валидације, недоследна примена прага RPD, сужен домет на једно порекло и трајање — извештај не помиње. Ниједна од тих напомена не дира

сопствени допринос који извештај истиче (предвиђање својстава термички модификованог дрвета из спектара нетретираног), а који је у раду и проверљиво поткрепљен.

XI Шта остаје

Кад се све сабере, добија се оцена коју вреди изрећи у једном комаду, без ублажавања и без претеривања.

Дисертација Небојше Тодоровића солидан је, самостално изведен експериментални рад који домаћој преради дрвета доноси: обиман NIR/хемометријски оглед на буковом дрвету с лажном срчевином, систематску карактеризацију разлика бељике и лажне срчевине и промена које с њима чини термичка модификација, и — као искорак који рад сам издваја као до тада неиспитан — показ да се својства термички модификованог дрвета могу предвидети и из спектара снимљених пре третмана. Хемометријски поступак изведен је дисциплиновано, с унапред постављеним критеријумима прихватљивости модела, издвојеним валидационим скупом и провером значајних варијабли; а рад доследно наводи и своје најслабије резултате и начелна ограничења методе, што је знак научне поштености. Фактографска основа рада у највећем делу држи.

Слабости су, по оцени овог осврта, тројаке и ниједна не руши носеће тезе. Прва је извештавање и доследност: усвојени праг RPD није доследно примењен у општим оценама, а неколико аритметичких и преписних омашки (најизразитије погрешан проценат пораста RPD-а „za 34 % (sa 1,86 na 2,01)“ на стр. 182, где је стварни пораст око 8 %) погађа бројчану следивост у деловима који носе главне поруке. Друга је домет: оглед почива на једном пореклу, једној врсти и једном трајању третмана, уз епрувете без грешака, а издвојени валидациони скуп потиче из истог материјала и намерно је биран да буде сличан калибрационом — па показатељи предвиђања одражавају интерполацију унутар исте популације, а не предикцију на независној сировини; ту ограду закључци не изричу. Трећа је формална: изостанак позивања на именоване стандарде за мерне поступке и боју, доследно означавање таласног броја (cm^{-1}) као таласне дужине, и ситне празнине у попису литературе (међу њима наведени извор једначина за стандардне грешке).

Изнад свега тога стоји једна правилност, слична оној коју рад сам показује: строжи је у мерењу и у навођењу онога што му не иде у прилог него у уопштавању закључака. Управо зато највећи део онога што треба поправити не тражи ново истраживање него доследно спровођење онога што је рад већ започео.

У евентуалном монографском издању или наставку истраживања најплодније би, по оцени овог осврта, биле следеће измене. Прво, унети сажет преглед који модели прелазе усвојени праг RPD, а који не, и исправити аритметичке омашке у

процентима промене RPD-а и апсорбанце, у F-вредностима и у изведеним просецима. Друго, изричито ограничити закључке о режиму и о применљивости за сортирање на испитану врсту, порекло и трајање третмана, а домашај показатеља предвиђања тумачити с оградом о интерполационом карактеру валидације на истом материјалу — уз, као природан наставак, валидацију на дрвету из независних стабала и порекала. Треће, везати мерне поступке за именоване стандарде (ISO 3130/3131/3133/3349:1975 или DIN 52186:1978 за савијање; CIE 15:2004 за боју), доследно раздвојити таласну дужину од таласног броја и ознаке Rp^2/Rc^2, експлицирати начин обрачуна ΔE за третирано дрво, приказати изостављени PCA дијаграм и допунити попис недостајућим јединицама (нарочито изворoм једначина за стандардне грешке). Уз ту врсту редакције — која у највећем делу не тражи нови оглед него доследно довршавање онога што је већ урађено — ова дисертација остаје вредан и употребљив допринос, чији би налази и самосталан приступ имали шта да кажу и струци и домаћој индустрији прераде дрвета.

Литература

Предмет осврта

Тодоровић, Небојша В., *Primena bliske infracrvene spektroskopije u predviđanju svojstava termički modifikovanog drveta bukve sa lažnom srčevinom* [докторска дисертација]. Шумарски факултет Универзитета у Београду, 2012. Национални репозиторијум дисертација у Србији (НаРДуС), https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/3512; коришћени примерак: Е-тезе Универзитета у Београду.

Извештај Комисије о оцени докторске дисертације мр Небојше В. Тодоровића, Шумарски факултет Универзитета у Београду, бр. 01-4824/4, 6. јул 2012.

Мултиваријантна калибрација и NIR анализа

ASTM E1655-05, *Standard Practices for Infrared Multivariate Quantitative Analysis*, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2005.

Næs, Tormod; Isaksson, Tomas; Fearn, Tom; Davies, Tony, *A User-friendly Guide to Multivariate Calibration and Classification*, NIR Publications, Chichester, 2002.

Schimleck, R.; Evans, R.; Ilic, J., „Estimation of *Eucalyptus delegatensis* wood properties by near infrared spectroscopy“, *Canadian Journal of Forest Research* 31(10), 1671–1675, 2001.

Williams, Phil; Norris, Karl (ур.), *Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries*, 2. изд., American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, 2001.

Мерна несигурност, величине и јединице

JCGM 100:2008, *Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM 1995 with minor corrections)*, BIPM/JCGM, 2008 (т. F.2.2.1).

JCGM 200:2008, *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*, 3. изд., BIPM/JCGM, 2008 (т. 2.20).

BIPM, *The International System of Units (SI)*, 8. изд., Bureau international des poids et mesures, Sèvres, 2006 (т. 5.1 и 5.3.1).

ISO 80000-7:2008, *Quantities and units — Part 7: Light*, ISO/IEC, Женева, 2008.

Испитивање својстава дрвета и боје (издања важећа на рок)

ISO 3130:1975, *Wood — Determination of moisture content for physical and mechanical tests*, ISO, Женева, 1975.

ISO 3131:1975, *Wood — Determination of density for physical and mechanical tests*, ISO, Женева, 1975.

ISO 3133:1975, *Wood — Determination of ultimate strength in static bending*, ISO, Женева, 1975.

ISO 3349:1975, *Wood — Determination of modulus of elasticity in static bending*, ISO, Женева, 1975.

DIN 52186:1978-06, *Prüfung von Holz; Biegeversuch*, Deutsches Institut für Normung, 1978.

EN 408:2010, *Timber structures — Structural timber and glued laminated timber — Determination of some physical and mechanical properties*, CEN, 2010.

CIE 15:2004, *Colorimetry*, 3. изд., Commission Internationale de l'Éclairage, Беч, 2004 (т. 8.2.1).

Научни апарат и језик

ISO 690:2010, *Information and documentation — Guidelines for bibliographic references and citations to information resources*, 3. изд., ISO, Женева, 2010.

BioResources — Author Instructions, North Carolina State University (архивирана верзија, 5. јануар 2010).

Пешикан, Митар; Јерковић, Јован; Пижурица, Мато, *Правопис српскога језика* (измењено и допуњено екавско издање), Матица српска, Нови Сад, 2010.

Извори за чињенице (пре рока)

Rapp, Andreas O.; Sailer, Michael, „Oil-heat-treatment of wood — process and properties“, *Drvna industrija* 52(2), 63–70, 2001. (Исти оглед ульно-топлотне обраде као Sailer et al. 2000, *Holz als Roh- und Werkstoff* 58, 15–22.)

Metsä-Kortelainen, Sini; Antikainen, Tuija; Viitaniemi, Pertti, „The water absorption of sapwood and heartwood of Scots pine and Norway spruce heat-treated at 170, 190, 210 and 230 °C“, *Holz als Roh- und Werkstoff* 64(3), 192–197, 2006.