МАТЕМАТИЧКИ ОМНИБУС, 8 (2020), п1 – п14
http://im-pmf.weebly.com/matematicki-omnibus-kniga-8.html

МАТЕМАТИКА ЗА ЕКОНОМИСТИ – ТРАЈНИ НЕДОСТАТОЦИ, КОНФУЗИИ И ЕНИГМИ

Стефан Мирчевски [1]

Секојдневно сме сведоци на прогресивниот раст и развој на технологијата, техниката и стопанството. Брзите промени ни наметнуваат задача што поскоро да создадеме услови за уште посилен и поефективен напредок на секое општествено поле, со цел да се прилагодиме и што е можно подобро да ги искористиме технолошките придобивки. Еден начин да се следи трендот на развој што го диктира светот е создавањето на теориски модели кои брзо ќе се имплементираат и фузираат со секојдневните практични проблеми со кои се соочуваме. Досегашните истражувања водат кон заклучок дека поголем дел од тие модели се прецизни математички модели, изградени на претпоставки и идеи, а поткрепени со сериозна математичка теорија.

Токму заради сложеноста на реалните проблеми, математичарите се секогаш настроени да создадат соодветен модел, кој, меѓу другото, покрај самиот модел дава и (нумерички) резултати што ќе бидат од голема помош во толкувањето на процесите од опкружувањето, опишани со конкретниот модел. Важен сегмент од општеството е и правилниот раст и развој на економијата, во рамките на сите нејзини нивоа и поделби. *Правилно е да се запрашаме од каде потекнуваат пропустите и недостатоците кои подоцна резултираат со погрешни анализи и прогнози за развој на економските процеси во општеството во целост, но и кога се во прашање личните бенефити на луѓето?*

Ова прашање е предизвик на кој ќе се обидеме да одговориме во понатамошниот текст, од аспект на школскиот пристап кон математичките поими применети во економија и нивното суштинско (не)разбирање. Се разбира, проблемите не лежат само во усвоеното знаење на актерите во економските процеси, туку и во праксата и искуството, но коренот на знаењето, умеењето и професионалниот пристап секако е стекнатото знаење во текот на образованието.

С. Мирчевски

ЗБОРОТ „ТОЛКУВАЊЕ“ КАКО ОСНОВНА СВЕТЛА ТОЧКА
ВО РЕШАВАЊЕТО НА МАТЕМАТИЧКА ЗАДАЧА

Темел на сите погрешни, некогаш дури и катастрофални проценки и расудувања, е избегнувањето да се даде соодветно *толкување* по добиени резултати што се произлезени од согледување на одреден реален проблем, спроведено истражување, решавање на обична математичка задача и слично. Ова е сè почест проблем за учениците којшто се ефектуира и професионално, во секојдневните прашања на секое работно место, вклучително и во економијата, а се должи на првично запознавање на учениците со математички задачи од различен тип. Но, ако се ограничиме на една област и го набљудуваме само делот поврзан со математика за економисти, тогаш слободно може да кажеме дека проблемите настануваат во оној момент кога започнува да отсуствува логичкото размислување и носењето заклучоци од добиените решенија на задачите. Што значи тоа при решавање задачи од финансиска математика? Клучен е моментот кога наместо поврзување на задачата со случувања од секојдневието, основна цел за ученикот претставува добивање нумерички вредности со помош на калкулатор и тоа е сè – тука завршува размислувањето. Затоа, почетоците на проблемите мора да ги поврземе со недоволно вреднување и разбирање на математичките поими кои се основа на финансиската математика, а кои се изучуваат во средните стручни училишта и на дел од факултетите. Водени од овој проблем, понатаму текстот ќе го поделиме на три дела кои опишуваат три етапи во согледувањето на проблемите со толкувањето на добиените нумерички резултати. За секоја етапа ќе дадеме соодветно видување како се перцепираат математичките поими уште за време на средношколските денови на учениците, а потоа и при студирање на факултетите каде што се изучува оваа проблематика.

1. ТРАЈНИ НЕДОСТАТОЦИ

Оваа етапа го носи името *трајни недостатоци* токму заради ефектот на неразбирање, површно знаење или некорелираност со секојдневниот живот, на математичките поими кои треба во суштина да се разберат пред да почнат да се применуваат. Исклучително е важна и подеднакво чувствителна кога е во прашање математиката за економисти. Зошто математиката за економисти е посебна за изучување? Таа треба да им предочи на учениците и студентите задачи и резултати чие толкување и примена ги среќаваат кога се на шалтер во банка, во пошта, на телевизија, во продавница, едноставно, секаде околу себе. Токму заради тие примени, би требало секому да му претставува предизвик да истрае во решавањето на конкретна задача, за потоа правилно да може да го протолкува добиениот резултат, особено знаејќи дека истото, во реална ситуација, може и нему да му се случи. Кои се наједноставните примери од секојдневниот живот кои првично се математички школски задачи?

Прв пример, кој речиси секому во определен период од животот му се случува, е подигањето потрошувачки кредит. Во тој случај, се поставуваат прашањата околу каматната стапка, износот на ратата за кредитот, периодот на враќање на кредитот и слично. Да ја разгледаме следната задача.

Добиен е потрошувачки кредит во износ од 170000 денари. Тој треба да се врати на 17 еднакви месечни рати со годишна каматна стапка од 3%. Колку изнесува вкупната камата и просечната месечна рата?

Добро познато правило во финансиска математика поврзано со пресметување на каматата кај потрошувачкиот кредит е следното: првата камата се пресметува на целиот долг, втората камата се пресметува на остатокот од долгот по првата вратена рата од главницата, итн. Па така, со користење на формулите за пресметување вкупна камата како збир на поединечни камати за секој период, се добива следниот резултат

$$I_{17} = \sum_{k=1}^{17} i_k = 3825 \text{ денари.}$$

Последното, лесно може да се заклучи дека е, всушност, збир на првите 17 членови од аритметичка прогресија со прв член 425 и разлика –25, [2]. Јасно, просечната месечна рата може да ја пресметаме како збир на износот на кредитот и вкупната пресметана камата, поделен со бројот на месечни рати предвидени за враќање на кредитот. Тогаш, се добива дека просечната месечна рата изнесува 10225 денари. Во овој случај доколку не дадеме соодветно толкување на резултатите, може да дојде до недоволна информираност на кредитобарателот за евентуалните негови поволности коишто тесно се поврзуваат со просечната месечна рата. Зошто? Кога должникот плаќа просечна месечна рата за подигнатиот кредит, тој може дел од обврските од првите периоди да ги помести за подоцна, со тоа што ќе си го олесни начинот на враќање на кредитот, со таканаречено бескаматно кредитирање. Истовремено, отсуството на толкување во задачи од овој тип може да значи и недоволна информираност на кредиторот за тоа кој е принципот на одложување на обврските, а кој на должникот воопшто не би му одговарал.

Каде настанува проблемот при решавање задачи од овој тип и што доведува до недостаток од какво било толкување за добиените резултати?

Формулите и финансиските таблици што ги користат учениците и студентите им одземаат доволно многу време за да стигнат до крајниот резултат, и, таа долготрајност на постапката и исцрпеност по долго користење на **калкулатор** е една од причините зошто нема да биде дадено никакво толкување на овој практичен проблем.

Затоа, уште тука може да дојдеме до **првиот заклучок**: отсуството на толкување е еден траен недостаток кој, во најмала рака, може да има негативно влијание врз понатамошно функционирање на некој економски процес во кој ученикот би бил активен учесник. Според тоа, ова може да биде ригорозно лоша проценка која ќе направи лична штета за самиот човек. Се разбира, една причина за да останеме без толкување при решавање задача од овој тип на час, се калкулаторот и долгите задачи.

Готовите формули-можен непријател на учениците и студентите се еден евентуален параметар кој ќе ни укаже на горенаведената констатација е промената (колку и да е мала) во текстот, на податоците или условите на задачите за учениците/студентите за време на тест/испит. Практично, **преформулација** на задачите може да доведе до крајно лош резултат во услови кога математичките поими не биле сфатени и разработени како што треба, туку директно применувани со помош на готовите формули за решавање на задачата.

Преформулацијата може да доведе до тотален пресврт во размислувањето на ученикот/студентот, а тоа пак, да резултира со целосно промашување на формулата што треба да се искористи. Во понадежните случаи, погодувањето на формулата ќе резултира со добивање на резултат, за кој нема да се приложи никакво толкување. На пример, чест проблем може да бидат задачи од типот:

*Колку изнесува последниот влог, ако вложуваме **антиципативно** по 1000 денари, на секои два месеци во текот на една година и располагаме со крајна сума од 7000 денари? Каматната стапка е 12% p.a.(d), а вкаматувањето е на секои два месеци.*

Преформулацијата на оваа задача гласи вака:

*Колку изнесува последниот влог, ако **на почетокот на** секои два месеци во текот на една година вложуваме по 1000 денари и 2 месеци по последниот влог имаме 7000 денари? Каматната стапка е 12% p.a.(d), а вкаматувањето е на секои два месеци.*

Во овој случај може задачата да биде сосема поинаку протолкувана, а потоа и поставена. Од тоа, следува дека резултатот сигурно ќе биде погрешен. Но, доколку се постави точно задачата и притоа се искористи формулата за пресметување на последниот влог при антиципативно вкаматување

$$V_0 = \frac{1}{r} S_n - V \frac{r^n - r}{r - 1}$$

лесно се добива резултатот за последниот влог, $V_0 = 118$ денари, [6]. Секоја од ознаките во последната формула го има следното значење: V_0 – последниот влог различен од другите; r – декурзивен каматен фактор; V – поединечниот влог еднаков при секое вложување, освен на крајот; S_n – крајната вредност на сите влогови и n – бројот на вложувања.

Отсуството на толкување повторно може да има негативно влијание врз учениците. Имено, позитивната вредност на последниот влог, различен од останатите, има посебно значење во практиката. Тоа значи дека клиентот за да ја достигне крајната вредност од 7000 денари, не е доволно да вложува само по 1000 денари на секои два месеци, туку мора да направи дополнително вложување, различно од претходните кои се со иста вредност, за да се достигне посакуваната сума. Ова толкување е од особена важност, кое не ретко се испушта.

Исклучително интересни се случаите кога за последниот влог се добива негативна вредност, а нему или не му се дава никакво значење или се толкува исто како позитивната вредност. Тоа е голема грешка при расудувањата, произлезена од механичко решавање на задачата, проследено со многукратна употреба на калкулатор и таблици.

Во овој случај, како **втор заклучок** може да се издвои: толкувањето може да биде спас во случај на преформулација на задача. Само тоа може да ни овозможи логички да заклучиме дека резултатот не може да биде вистинско решение на практичниот проблем, бидејќи е бесмислен. Правејќи го тоа, автоматски постои можност да се преиспитаме зошто сме ја употребиле таа формула и дали е вистинската за тој проблем.

Се разбира, безброј вакви примери и практични проблеми ќе нè одведат до истиот заклучок. Поимите од финансиска математика не треба да се изучуваат формално, механички и површно, бидејќи во такви случаи, ученикот или студентот, секогаш ќе се потруди само да стигне до крајниот резултат, доколку успее да ја постави задачата и тоа би било крај. А таквиот пристап, практично, е моментот кога започнува да отсуствува логичкото размислување, а означува почеток на користење на калкулатори и помошни таблици само за да се добијат нумерички вредности.

Практиката покажува дека на учениците, па и на студентите, решавањето задачи кои се сведуваат на работа со калкулатор и финансиска таблица им е од посебен интерес и задоволство. Да се запрашаме, зошто тоа е така? Можеби некои од причините се следниве:

- Можност да решат задача, којашто покрај почетното нејзино поставување, понатаму подразбира работа којашто е шаблонизирана процедура со калкулатори и не така „многу“ размислување при пресметките.
- Надеж дека конечно се решаваат задачи кои ќе ги оттргнат од дотогашните „тешки“ работи во кои се бара логичко размислување и расудување.

- Можност за добивање повисока оценка при решавање задачи за чие решение, всушност, не се вложува труд ни да се научи барем една формула од многуте кои се користат при решавањето. Секако, ако се земе предвид поврзаноста на сите формули, лесно се изведуваат една од друга.
- Надеж дека во тој сегмент повеќе нема да им требаат, на пример, тригонометриските функции, геометријата, равенките и слично,

и, се разбира, уште многу други лични причини за покажаниот интерес кон овие задачи, кои укажуваат и на недостатокот на „љубов кон математиката“.

2. КОНФУЗИИ

И процесот на механичко решавање задача од финансиска математика може да стане премногу конфузен за учениците и студентите, без разлика на постоечкиот шаблон којшто треба да се прати. Конфузноста може да се појави по најразлични основи, а најчесто од причини кои се должат на евентуални недостатоци во претходното образование на личноста.

Практично, преку насловот на овој пасус, *конфузии*, ќе се обидеме да ги согледаме „критичните“ моменти во процесот на решавање на една задача, коишто може да бидат толку страшни, па да имплицираат запирање на процесот и оставање на задачата нерешена. Ќе направиме осврт на две основни конфузии кои се и најчести при решавањето на задачи од финансиска математика.

Во решавање на задачи кои се поврзани со делот ренти, најпроблематичен дел од задачата е логаритмирањето, односно употребата на логаритамската функција, којашто ни помага во определување на бројот на рентите. Секако, ова не е случај само кај ренти, туку и кај влогови. Се прашуваме зошто ваквите функции кои биле составен дел од претходно образование на учениците и студентите одеднаш создаваат конфузија? Веројатно заради тоа што станува збор за додаток, кој бил „неочекуван“ да се појави во моменти кога се решаваат задачи од таква природа. Меѓу другото, стравот кој произлегува од помислата дека веројатно, ќе треба да се повторат сите оние наставни единици кои се однесуваат на логаритмирањето и основните правила, создава уште поголема конфузност во текот на решавањето. Овие конфузии настануваат кога ќе се здогледа формулата од облик

$$n = \frac{1}{\log r} \cdot \log \frac{Rr}{Rr - M_n\left(r-1\right)}.$$

Оваа конфузност, најчесто е резултат на претходни математички пропусти и недостатоци кај учениците, а може лесно да се надмине само доколку учениците се сетат дека далеку поедноставно за пресметување е користењето на формулата

$$r^n = \frac{Rr}{Rr - M_n\left(r-1\right)},$$

каде што r е декурзивен каматен фактор, R е износот на рентата, M_n е мизата и n е бројот на исплати. Последната формула е облик на претходната формула пред да се изврши логаритмирањето и по заменување на сите дадени вредности во последната формула се сведува на многу помал израз кој изгледа помалку „чуден“ за да се логаритмира. Внимателно, логаритмирањето повторно се појавува, но само во крајниот чекор и на нумерички вредности, а не во израз во општ облик. Значи, нема „спас“ од логаритамот.

Учениците не соработуваат со долги формули... Некогаш, дополнителна конфузија создаваат формулите кои изгледаат „застрашувачки“ заради нивната обемност. Секако, проблемот станува уште поголем кога треба внимателно да се работи со калкулаторот и да се имаат на ум предностите на основните математички операции.

Една таква формула, поврзана со амортизацијата на заеми, е следната формула

$$R_k = aq^k \, \frac{r^{n-k} - q^{n-k}}{r^{n-k}\left(r-q\right)},$$

каде што R_k е остаток на заемот по плаќање на $k-$от ануитет, a е првиот ануитет, n е бројот на периоди во кои се отплаќа заемот, k е бројот на вкаматувања, r е декурзивен каматен фактор и q е факторот кој произлегува од зголемување или намалување на ануитетите за константен (фиксен) процент.

Оваа формула служи за определување остаток на заем по плаќање на k – тиот ануитет, [3]. Зошто оваа формула може да направи извесна конфузност, доколку треба да се примени во задача? Прво, доколку сите компоненти коишто се степенувани, се пресметуваат одделно, па потоа се множат и одземаат, тогаш би требало значително многу време додека се пресмета остатокот на заемот, а истовремено значи и опасност од погрешно внесување во калкулатор.

Едно пократко решение е да се внесат сите информации директно во калкулатор, но под услов, да не настане грешка при внесувањето и одземање на предноста на некои операции. Заради конфузност, произлезена токму од големи формули како оваа, често се случуваат катастрофални грешки кои се должат на редоследот на математичките операции и употребата на заградите во математичките формули.

Една варијанта на неточно внесени податоци на калкулатор од претходната формула е следниов израз:

$$a \cdot q \wedge k \cdot \left(\left(r \wedge n - k - q \wedge n - k\right) : \left(r \wedge n - k \cdot \left(r - q\right)\right)\right).$$

Се разбира, постојат уште многу варијанти на неточно внесени податоци за оваа формула кои водат до погрешен резултат, па дури и до апсурд. Точниот запис на внесени податоци на калкулатор има облик:

$$a \cdot q \wedge k \cdot \left(\left(r \wedge \left(n - k\right) - q \wedge \left(n - k\right)\right) : \left(r \wedge \left(n - k\right) \cdot \left(r - q\right)\right)\right).$$

Првата етапа којашто се однесуваше на трајните недостатоци, повторно може да понуди решение за вакви проблеми кои водат до грешки заради конфузност. Имено, и во овој случај самоконтролата, проверката на решението и толкувањето на добиениот резултат се сигурни „контролни механизми“ за да се запрашаме дали може да се случи такво нешто во пракса? Ако резултатот ни е нелогичен, па дури и апсурден, тогаш треба да се вратиме назад и да провериме каде сме згрешиле.

3. ЕНИГМИ

Во принцип, две прашања со текот на времето сè почесто се поставуваат кога се набљудуваат образовните методи за спроведување настава по математика за економисти и ефектот од (не)прецизноста во целата проблематика. Поединечно ќе ги разгледаме тие две *енигматични прашања*, кои гласат: „Каде води грешката при пресметките во финансиска математика?" и „Каде ќе се употребат задачите?"

Каде води грешката при пресметките во финансиска математика? На ова прашање може да се даде одговор, ако истовремено се разгледуваат краткорочните и долгорочните последици од грешките кои настануваат при пресметките во задачите од финансиска математика. Потребата од оваа поделба, главно се наметнува заради таканареченото школско толкување на грешките, кои во тој момент се краткорочни грешки без големи последици, наспроти, моментот кога треба да се анализира некој економски процес, при работа во сметководство, при ревизорско работење, работење во кредитирање во банка или работа во осигурителна компанија, итн., кога е повеќе од сигурно дека последиците од грешките можат да бидат страшни и со долгорочно дејство.

Иако одговорот на ова прашање е релативен и може да се толкува во секоја ситуација и кај секој ученик различно, сепак еден општ заклучок кој произлегува при краткорочните (школски) грешки, е следниот: врз основа на претходните две етапи од перцепцијата на учениците и студентите за математичките поими, може да констатираме дека не постои поголема штета од грешка направена при пресметките, на пример, за време на час или на тест/испит. Често тие се последица на немање доволно време да се стигне до конечниот резултат или се произлезени од конфузиите кои се појавиле во текот на решавањето. Дури е можно и толеранцијата на професорот, како една честа појава, да ги охрабрува учениците и студентите да заклучат дека во тој момент, грешката при заокружување на децималите или, воопшто, при пресметките, не е значајна.

Другиот случај на долгорочни последици од грешки во пресметките на економски план, може да биде погубен за целиот сектор, институција, па и држава. Природно е да дојдеме до заклучок дека долгорочните грешки настануваат благодарение на несериозноста при првично запознавање со стручните поими, кога практично, се правеле краткорочните грешки коишто биле толерирани. До тие грешки, може да се дојде од која било причина наведена во претходните етапи, посветени на значењето и перцепцијата на стручните поими уште на ниво на нивно школско разбирање.

Каде ќе се употребат задачите? Ова прашање е вечна енигма за учениците и студентите, особено тие кои помалку соработуваат со математиката. Конкретно за проблемите произлезени од математиката за економисти, постојат низа одговори кои може да го доближат добиениот резултат со реалниот свет и случувањата во него. Ќе издвоиме неколку генерални (директни) примени на резултати, коишто придонеле за развој во многу општествени сфери.

– *Анализа на пресвртна точка* (*Праг на рентабилност*).

Нешто што би изгледало далеку понеубедливо доколку нема математичка позадина е прагот на рентабилност или анализата на пресвртна точка (Break-Even Analysis), која е во голема мера позната и применувана од менаџментот. Преку низа математички модели, може да утврдиме колку произведени единици од некој производ нѐ носат кон сигурен профит. Практично, со формулата

$$B.E.(q) = \frac{Cf}{p - Cv}$$

(каде што q е обемот на произведени единици, Cf се фиксните трошоци, Cv се варијабилните трошоци и p е продажната цена по единица производ), може веднаш да се пресмета таканаречената пресвртна точка, т.е. прагот под кој не е можно да се оствари профит. Слободно може да се запрашаме: што е толку моќно во овие модели за да е од посебна важност при носење ефикасни заклучоци?

Одговорот лежи во фактот што анализата на пресвртна точка сега може да се направи и со помош на веројатност, во случај кога имаме неизвесност за движење на некоја компонента од B-E моделот. Веројатносните модели, базирани на стандардна нормална распределба, може да се видат во [4].

– *Релација на Аморосо-Робинсон* (*Luigi Amoroso* (*1886–1965*)*, Joan Robinson* (*1903–1983*))

Релацијата на Аморосо-Робинсон е уште еден резултат директно имплементиран во практичните проблеми, а се однесува на врската меѓу граничните приходи и еластичноста на побарувачката, [1]. Таа релација е определена со формулата

$$\frac{dR}{dp} = f(p)[1-\eta], \text{каде } -\eta = \frac{p}{f(p)} \cdot f'(p).$$

Ознаките во оваа релација ги имаат следните значења: $R-$ вкупниот приход; $p-$ цената на производот; $f(p)-$ функцијата на побарувачка и $\eta-$ коефициентот на еластичност на побарувачката.

– Нешов еквилибриум

Можеби и најдобар пример да се разбере и сфати потребата од прецизност при математички заклучувања и расудувања е токму приказната за Џон Неш и неговата Нобеловска *теорија на еквилибриум*. Практично, ништо претходно толкувано не можело да биде поелегантно од моделот на Неш за воспоставување рамнотежа во некооперативните игри. Зошто неговиот творечки опус е исклучиво важен и за економистите, подеднакво колку за математичарите? Бидејќи рамнотежата која може денес да ја толкуваме без никаков проблем, а се однесува на понудата и побарувачката на пазарот, е последица од Нешовата теорија на еквилибриум. Тоа е потребен, но и доволен услов да се заклучи дека многу модели во економијата (при анализа на економските процеси) потекнуваат од темелни математички теории кои стојат во позадина и зад најелементарниот пример, кој може да се сретне во обична задача на час поставена за усвојување на новиот материјал. Повеќе за животот и творештвото на брилијантниот Џон Неш може да се прочита во статијата [5], додека за рамнотежата во економијата, ве упатуваме на [7].

4. ЗАКЛУЧОК

Прецизноста во математичките пресметки е мост кој ги поврзува практичните проблеми и правилниот пристап кон тие практични проблеми од нашето секојдневие. Тоа е една од причините зошто уште на најрана возраст сме предизвикани да користиме математички алатки кои даваат нумерички резултати, а со чие толкување го сфаќаме нивното значење. Грешките во пресметките за време на час може да се занемарат, но на сметка на таа толеранција, ако не сме внимателни може да настрада која било сфера од општеството базирана на добиените резултати и заклучоци. Она што не смее да отсуствува, а практично, е и механизам да се справиме со грешките при решавањето задачи е толкувањето. Толкувањето мора да е присутно и за време на час по математика, но и за време на работна обврска чиј исход зависи исклучиво од нашиот професионализам и прецизност. Затоа, кога сме кај наставата по математика за економисти, главна цел на наставниците по математика треба да е со помош на практични примери да укажат на значењето на секоја поединечна математичка операција, поим и својство во реалниот живот, односно значењето на математиката во целина, а и потребата од нејзино изучување. Да бараат од своите ученици суштинско разбирање на поимите за полесно применување и толкување на добиените резултати, за ученикот самостојно да ги согледа своите грешки, но и своите достигнувања во совладувањето на материјалот. Заеднички, да се надополнат евентуалните недостатоци, да се избегнат конфузиите и да се расчистат енигмите. Можеби највано од сѐ е да разбереме дека математиката е тука да помогне, да отвори нови врати и видици, а не да создава сопки и непријатности. Во најмала рака, изучувањето на математиката може да понуди развој на животната логика, која и професионално, но и приватно, води до решение на секојдневните проблеми.

ЛИТЕРАТУРА

[1] M. Backović, J. Vuleta, *Ekonomsko matematički metodi i modeli*, Univerzitet u Beogradu, Ekonomski fakultet, Beograd, 2004.

[2] А. Гацовска, Ј. Тренчева Смилески, Н. Ивановска, *Математика за економисти,* изборен предмет за III и IV година на четиригодишното стручно образование, Министерство за образование и наука на Р.М., Скопје, 2015.

[3] Р. Малчески, *Финансиска математика*, Европски Универзитет, Скопје, 2005.

[4] В. Наумовска, *Математички методи во бизнис,* Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Економски факултет, Скопје, 2010.

[5] Н. Серафимова, *Џон Форбс Неш (1923-2015): Пофалба на извонредниот ум*, Портал ПОИМ на Институтот за математика, ПМФ, Скопје, 12 јуни 2015, http://poim-pmf.weebly.com/john-nash.html

[6] К. Тренчевски, А. Гацовска, Н. Ивановска, Ј. Тренчева Смилески, *Математика за економисти*, за IV година на четиригодишното стручно образование, Министерство за образование и наука на Р.М., Скопје, 2011.

[7] Т. Фити, *Економија* (четврто издание), „Култура“ А.Д., Скопје, 2014.

[1] Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје
Природно-математички факултет
Архимедова 3, 1000 Скопје, Р. Северна Македонија
e-mail: stefan_mircevski@outlook.com

Примен: 29.3.2020
Поправен: 5.5.2020
Одобрен: 11.5.2020
Објавен на интернет: 22.5.2020