**Geometer's Sketchpad in raziskovanje ravninske geometrije**

**Geometer's Sketchpad and exploring Euclidean geometry**

**Alenka Vavroš**

**alenka.vavros@student.fmf.uni-lj.si**

**Povzetek**

Geometer's Sketchpad je eno izmed najstarejših in vodilnih računalniško-matematičnih orodij, ki deluje na principu dinamičnosti in interaktivnosti ter se uporablja individualno za reševanje matematičnih problemov ali v poučevalne namene. V pričujočem prispevku si bomo ogledali, kako lahko z njim rešujemo naloge iz ravninske geometrije ter kateri vgrajeni ukazi nam omogočajo lažje reševanje in poglobljeno raziskovanje tovrstnih problemov. Velika prednost obravnavanega programa za poučevanje je njegova vizualnost in možnost animacije, ki je ključnega pomena pri spoznavanju matematičnih zakonitosti v ravninski geometriji.

**Ključne besede**

Vizualnost, dinamičnost, geometrija, matematične zakonitosti, interaktivnost.

**Abstract**

Geometer's Sketchpad is one of the leading and earliest mathematical dynamic software with interactivity features and can be used for either individual solving of mathematical problems or for teaching purposes. Through the article below we will be able to learn how to solve Euclidean geometry problems using Geometer's Sketchpad and which built-in commands we can use in order to solve the problems more easily and deepen our exploration of such problems. Using Geometer's Sketchpad as a teaching tool one can find a huge advantage in its visualization and possibility of animation, which are of major importance when it comes to learning about mathematical rules in Euclidean geometry.

**Key words**

Visuality, dynamism, geometry, mathematical rules, interactivity.

**Uvod**

V glavnem delu prispevka bi bomo ogledali, kakšne možnosti nam Geometer's Sketchpad nudi za raziskovanje ravninske geometrije. Glede na to, da imamo opraviti z orodjem, ki se ga pri učenju matematike pogosto poslužujejo učitelji, bomo raziskali njegove predstavitvene zmožnosti in težavnost uporabe, začeli pa bomo pri samem nastanku oz. zametkih programa. V osrednjem delu bo sledila obširna predstavitev uporabnih ukazov, na koncu pa bodo predstavljena mnenja različnih uporabnikov vključno z mojim mnenjem o uporabnosti programa. Pri spoznavanju programa in pisanju pričujočega prispevka sem se večinoma opirala na gradiva, zbrana na domači strani Geometer's Sketchpada, nekaj sem črpala tudi iz drugih člankov in forumov, vse vire pa sem uporabljala izključno na spletu.

**Predstavitev orodja Geometer's Sketchpad**

1. **Ideja programa in opis glavnih značilnosti**

Geometer's Sketchpad je računalniško (matematično) orodje, ki služi predvsem spoznavanju geometrije, ob čemer uporabnik skozi interaktivno spreminjanje objektov bodisi spoznava oz. dokazuje ohranjanje matematičnih zakonitosti bodisi o tem poučuje druge. Orodje namreč ni namenjeno le individualni (zasebni) uporabi, temveč je zasnovano na poudarku izrazite vizualnosti, kar je seveda velika prednost pri poučevanju matematike, natančneje geometrije na osnovnih in v srednjih šolah. Temu primerno na spletu obstajajo številne [delavnice](http://www.dynamicgeometry.com/Instructor_Resources/Workshop_Guide.html) prav za učitelje, s pomočjo katerih se lahko le-ti naučijo ustreznega rokovanja z orodjem ter kako ga uporabiti v poučevalne namene.

Zametke programa bomo našli že v osemdesetih letih prejšnjega stoletja, ko je nadarjeni programer Nicholas Jackiw dobil povabilo k sodelovanju na projektu »Visual Geometry Project« v okviru univerze Swarthmore College. Pri omenjenem projektu so želeli najprej zasnovati program, ki bi omogočal delo v treh dimenzijah, kar pa se je takrat izkazalo za pretrd oreh, zato so presedlali na dve dimenziji. Pri tem je Jackiw uporabil svoje znanje razvijanja računalniških iger pri Macintoshu in povezal idejo »premikanja z miško« ter dinamičnega spreminjanja geometrijskih teles. Jackiw je bil nad idejo dinamičnosti tako navdušen, da v sam program ni želel vključiti ničesar, kar bi spominjalo na statičnost: *»I resisted labeling for a long time because I wanted the user to be engaged in the world of graphics. I didn’t want things that made [the program] seem like it was representational, which labels seemed to me to do. They turned it into an illustration, whereas I wanted it to be a world«* (Scher, 2000: 44)

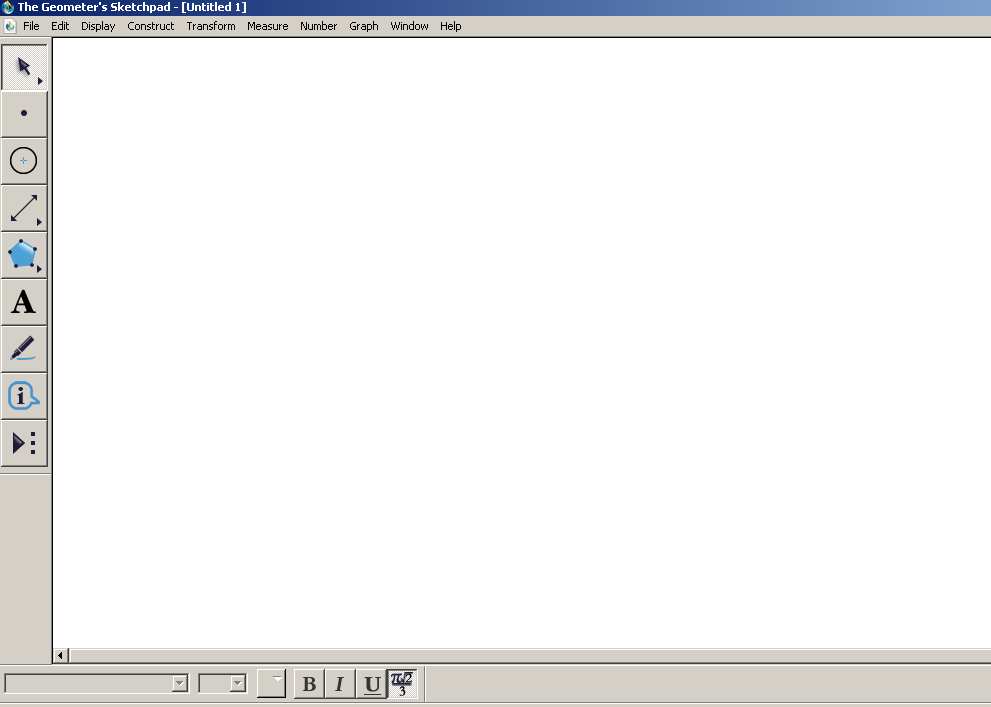
Od prve verzije je Geometer's Sketchpad doživel že celo vrsto nadgradenj – danes je na voljo različica 5.06, že nekaj časa nazaj pa je bil program posodobljen na tri dimenzije, kakor je bilo prvotno tudi načrtovano. Uporabljamo ga lahko na naslednjih operacijskih sistemih: Linux, Windows in Mac OS X, zasnovana pa je bila tudi različica za IPad »Sketchpad Explorer«. Vse različice so dostopne na domači spletni strani, kjer je objavljen tudi [cenik](http://www.keycurriculum.com/products/sketchpad/the-geometers-sketchpad-pricing-and-purchasing) prenosov: na voljo je enoletna licenca za študente od 4,5$ do 9,96$ (odvisno od števila študentov) in neomejena licenca od 15$ do 70,02$ (odvisno od števila uporabnikov oz. računalnikov), sicer pa lahko neomejeno uporabljamo tudi [poskusno verzijo](http://info.mheducation.com/sketchpad.trial.html), vendar se nam program vsakič po 20 minutah uporabe zapre, prav tako pa nam ni omogočeno shranjevanje ali tiskanje dokumentov.

V grobem bi lahko rekli, da se orodje uporablja za spoznavanje in poučevanje geometrije, saj je princip delovanja tak, da vedno gradimo z osnovnimi elementi kot so npr. točka, stranica, pravokotnica ipd., odnose med le-temi pa si program glede na zaporedje ukazov zapomni kot bazo nekega lika ali telesa, potem pa lahko poljubno spreminjamo položaj točk in s tem dolžino stranic ter velikost kotov in opazujemo, kaj se medtem dogaja z našim likom/telesom, to pa je bistvo t.i. dinamične geometrije. V praksi bi to izgledalo tako, da če pravilno (oz. s pravilnim zaporedjem ukazov) načrtamo kvadrat, se bo oblika kvadrata ohranjala ne glede na spreminjanje lege njegovih ogljišč. Podrobneje bom tovrstno rokovanje z orodjem razložila v naslednjem razdelku »Uporaba in uporabnost«.

Raziskovanje z orodjem pa se ne konča pri sami geometriji, temveč so razvijalci z vsako posodobljeno verzijo programu dodali nove zmožnosti, tako da se ga lahko poslužujemo tudi, ko imamo opraviti z računanjem in algebro ali risanjem grafov v koordinatni sistem, na voljo tudi v treh dimenzijah, vendar sem se sama pri seminarski nalogi osredotočila prav na njegov prvotni namen – geometrija in dinamičnost.

1. **Uporaba in uporabnost**

Pri predstavitvi uporabe našega orodja se sicer ne bomo ustavljali pri osnovnih pojmih kot so kako skonstriurati točko, premico ipd., vendar bomo na tem mestu dodali zaslonsko sliko osnovne strani orodja, da bomo kasneje lažje razložili uporabo ukazov:



**Slika 1: Osnovna stran orodja**

Kot lahko vidimo, veliko večino zaslona zavzema prostor za risanje objektov, na levi strani pa vidimo osnovne ukaze našega programa, ki si navpično od zgoraj navzdol sledijo v zaporedju:

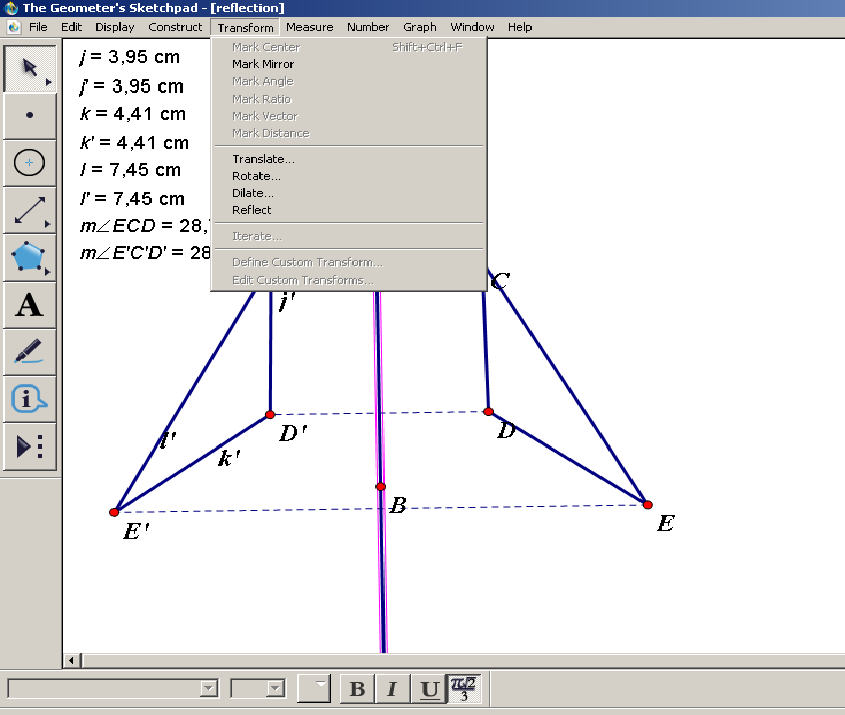
|  |  |
| --- | --- |
| Ime ukaza | Uporaba |
| »Translation Arrow Tool« | Označevanje in premikanje objektov na skici |
| »Point Tool« | Konstriuranje točk, označevanje presečišč |
| »Compass Tool« | Načtrovanje krožnic s središčem in točko na krožnici |
| »Line straightedge Tool« | Načrtovanje daljic, poltrakov in premic |
| »Polygon Tool« | Konstriuranje večkotnikov |
| »Text Tool« | Poimenovanje objektov na skici in dodajanje teksta (za spreminjanje pisave in vstavljanje matematičnega teksta nam služijo ukazi, ki jih lahko vidimo na spodnji strani orodja) |
| »Marker Tool« | Označevanje objektov |
| »Information Tool« | Prikazovanje podatkov o objektih na skici (kaj so, odvisnost od drugih objektov ipd.) |
| »Custom Tool« | Vse za delo z orodjem, ki ga ustvarimo sami: ukaz za novo orodje, ogled skriptnega okenca naših orodij in dostop do že ustvarjenih lastnih orodij |

**Tabela 1: Opis osnovnih ukazov**

V zgornji vodoravni orodni vrstici lahko vidimo vrsto ukazov »File«, »Edit« ipd., ki imajo vsak po več podrazdelkov, katere pa si bomo po potrebi podrobneje ogledali na primerih.

* Transformacije

Na tem mestu si bomo poleg konkretnega ukaza »Transform« pogledali, na kakšen način lahko uporabljamo ukaze v programu.

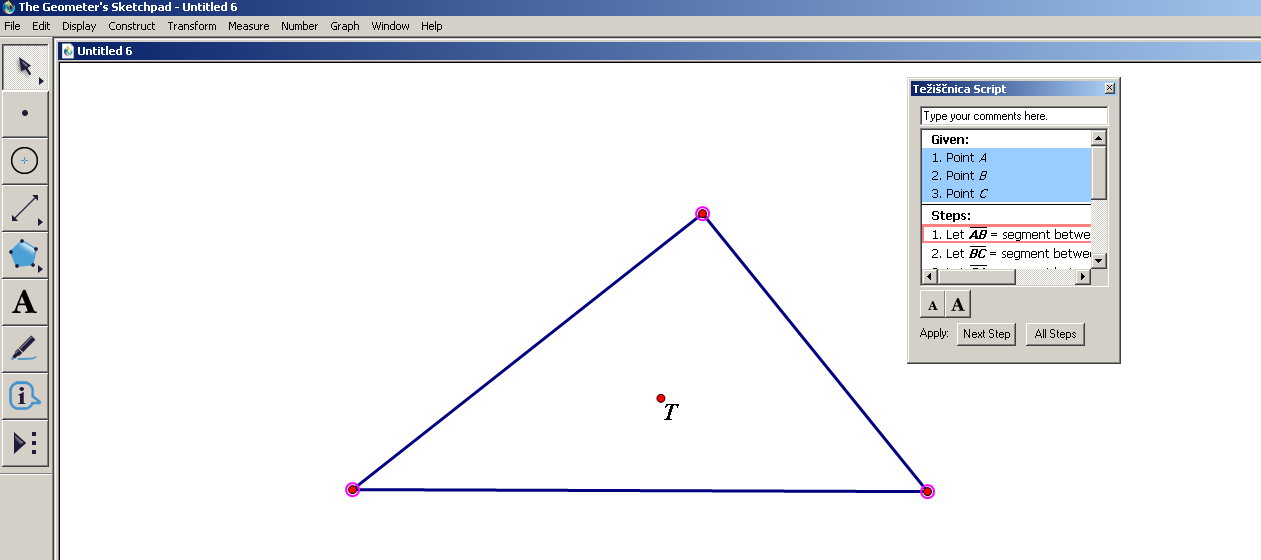
**Slika 2: Transformacije**

V Geometer's Sketchpad-u lahko na objektih izvajamo vse vrste transformacij; na sliki zgoraj lahko v odprtem podrazdelku za transformacije vidimo opcije za premik, zasuk, razteg in zrcaljenje. Na tem mestu naj omenim, da program deluje na tak način, da moramo objekte, s katerimi želimo delati, na sami skici najprej označiti s »[puščico](#Transform_arrow_tool_ref)«, šele nato nam bodo omogočeni ukazi in posledično delo z njimi; omogočeni pa nam bodo le tisti ukazi, ki so za določene objekte »smiselni«. Na zgornji zaslonski sliki lahko vidimo, da je označena navpična premica, na kateri se nahaja točka B; poudarjena je z vijolično barvo. Ukazi kot so »Mark Angle«, »Mark Distance« ipd. so v odprtem podrazdelku zasenčeni in jih ni možno uporabiti, saj za označeno premico niso smiselni – za označenje kota bi morali poleg premice izbrati še en objekt in nato bi program označil kot med njima, podobno za razdaljo. Ukazi, ki pa jih lahko uporabljamo, so torej tisti, ki so izpisani v črni barvi.

Da smo dobili zgornjo skico, smo najprej narisali trikotnik CDE na skrajni desni in nato na njegovi levi strani narisali navpično premico. Le-to smo označili in iz ukaza »Transform« izbrali opcijo »Mark Mirror« ter jo s tem označili za objekt, čez katerega bomo zrcalili, nato pa poleg te premice označili še trikotnik CDE in z ukazom »Reflect« trikotnik prezrcalili čez premico. Če smo imeli pred zrcaljenjem trikotnika ogljišča le-tega že poimenovanega, bodo z ustreznimi črkami poimenovana tudi ogljišča prezrcaljenega trikotnika.

* Ustvarjanje lastnega orodja

V okviru [ustvarjanja lastnega orodja](#Custom_tool_ref) si bomo ogledali še skriptno okence, s pomočjo katerega vidimo celoten potek nastanka našega lastnega orodja, kako v Geometer's Sketchpadu merimo dolžine, računamo razmerja ipd. ter kako lahko v programu ustvarimo zvezek (datoteko z več stranmi).

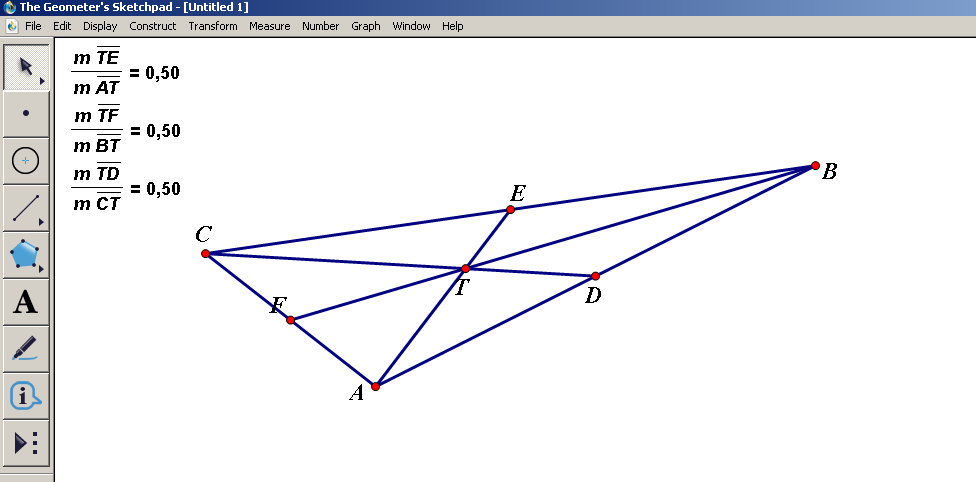


**Slika 3: Ustvarjanje lastnega orodja**

Ukaz za ustvarjanje lastnega orodja bomo razložili na primeru, ki ga lahko vidimo na zgornji sliki. Z ukazi za konstruiranje točk in daljic smo narisali trikotnik in nato označili vse tri stranice. Iz menija »Construct« smo izbrali ukaz »Midpoint«, ki skonstruira razpolovišča stranic ter nato vsako ogljišče trikotnika povezali z razpoloviščem nasprotiležne stranice s konstruiranjem daljic - težiščnic. Kjer so se vse te daljice sekale, smo označili točko T – težišče. Nato smo s »puščico« označili celotno skico in izbrali [ukaz za ustvarjanje lastnega orodja](#Custom_tool_ref), kjer imamo opcijo za novo orodje. Našo novo orodje lahko imenujemo po smislu in shranimo za kasnejšo uporabo – do njega lahko dostopamo znotraj programa samega z istim ukazom kot smo ga ustvarili, torej z ukazom »Custom Tool«. Zdaj bomo lahko v vsaki nalogi, v kateri bomo morali poiskati težišče trikotnika, uporabili naše orodje, namesto da bi zmeraj znova konstruirali razpolovišča in težiščnice.

Ker je Geometer's Sketchpad zelo razširjen program, je v obtoku že dosti vnaprej pripravljenih datotek in tovrstnih orodij, na srečo pa lahko prav pri vsakem, tako kot tudi pri svojih, preverimo, kakšen je bil potek ustvarjanja nekega orodja – če se je torej »ustvarjalec« držal ustreznih matematičnih predpisov in zakonitosti. Tovrstno preverjanje dobro služi tudi učiteljem za preverjanje nalog, ki jih učenci rešujejo v Geometer's Sketchpad-u. Govorimo o skriptnem okencu »Script View« (desno na zgornji sliki), katerega najdemo znotraj samega ukaza za ustvarjanje lastnega orodja in se nam prikaže za tisto orodje, ki ga imamo trenutno izbranega – v našem primeru za konstruiranje težišča trikotnika. Ko na skici izberemo ogljišča (poudarjena z vijolično barvo), se nam v skriptnem okencu le-ta obarvajo z modro barvo. Vidimo, da so ogljišča v sklopu »Given«, medtem ko ostali koraki sledijo v sklopu »Steps«. To pomeni, da so ogljišča osnova naše konstrukcije oz. orodja in kadarkoli želimo preveriti potek ustvarjanja nekega orodja, moramo na sami skici zmeraj označiti tiste objekte, kateri so v skriptnem okencu dani za osnove. Nato si lahko z gumbom »Next Step« znotraj skriptnega okenca ogledamo vsak korak konstrukcije posebej in ob tem se nam ustrezni objekti v skici poudarijo (z vijolično barvo).

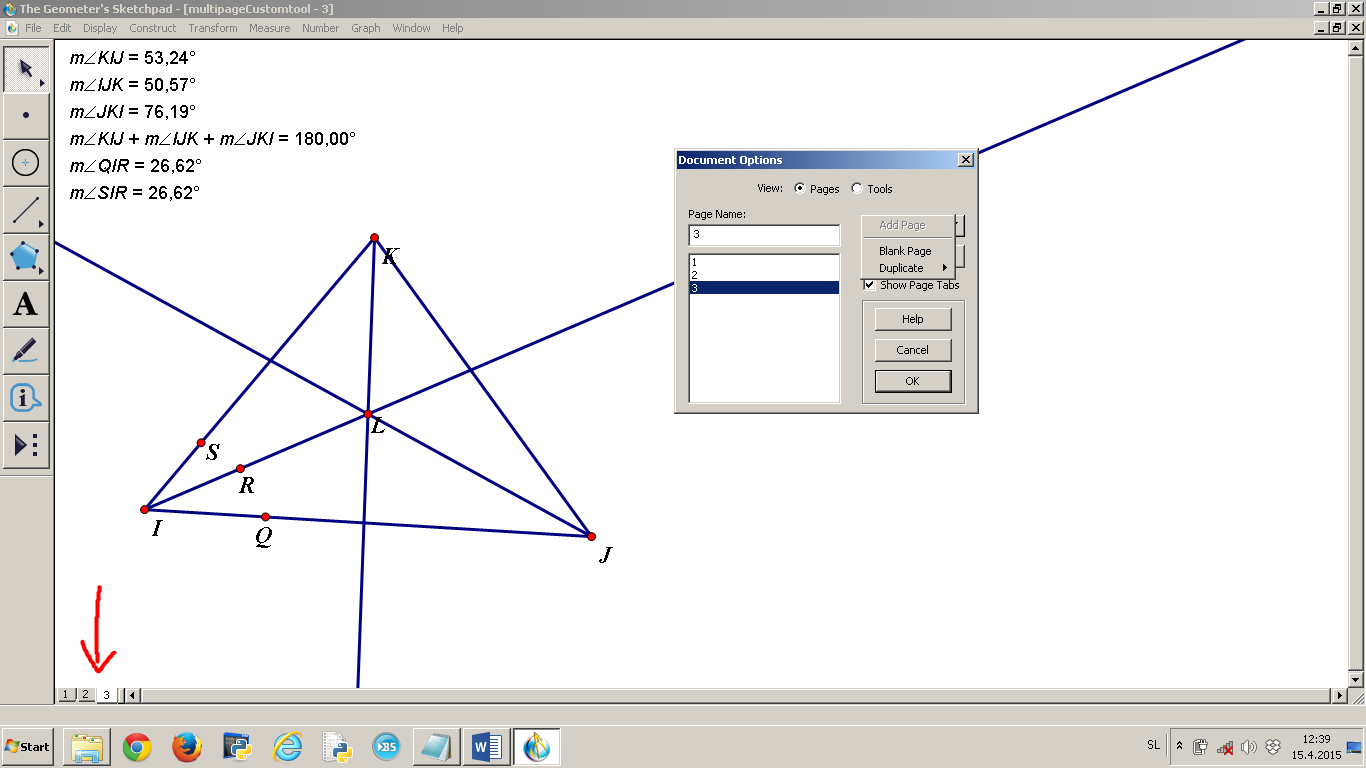
V okviru ustvarjanja lastnih orodij ali poljubnih skic lahko matematične zakonitosti preverjamo s pomočjo merjenja dolžin ali kotov. Če ostanemo pri primeru za težišče trikotnika z zgornje slike in bi radi preverili, če bo dobljena točka T težišče res prav v vsakem trikotniku, bomo najprej ustrezno označili vsa razpolovišča stranic in nato izmerili razmerja dolžin od težišča do razpolovišča stranice ter od težišča do dani stranici nasprotnemu ogljišču; označili bomo vsako od teh dolžin posebej in v razdelku »Measure« izbrali ukaz »Ratio«. Dobljena razmerja lahko vidimo na spodnji sliki:



**Slika 4: Merjenje razmerij**

Vidimo, da so izračunana razmerja za vsa tri ogljišča in stranice 0,5 oz. 1:2 in če bomo poljubno premikali ogljišča ter s tem spreminjali dolžino stranic, bomo videli, da se s tem premika tudi naše težišče, razmerja pa ostajajo enaka. Hitrejša verzija za tovrstno preverjanje bi bila, da bi označili našo skico trikotnika in v razdelku »Display« izbrali ukaz »Animate«, pri čemer bo program pričel z animacijo naše skice tako, da se bo lega ogljišč poljubno spreminjala, ob tem pa lahko hitrost animacije nastavimo sami.

V primeru, da rešujemo nalogo z več podnalogami ali sklop nalog, ki se nanašajo ena na drugo, je smiselno, da uporabimo možnost ustvarjanja več strani v enem dokumentu – dodamo lahko novo prazno stran ali kopijo ene izmed že obstoječih strani. Iz razdelka »File« izberemo ukaz »Document Options« in nato se nam pojavi okence, ki ga lahko vidimo na sliki spodaj. Med posameznimi stranmi z lahkoto preklapljamo na spodnji desni strani programskega okna, kar je na sliki označeno z rdečo puščico.

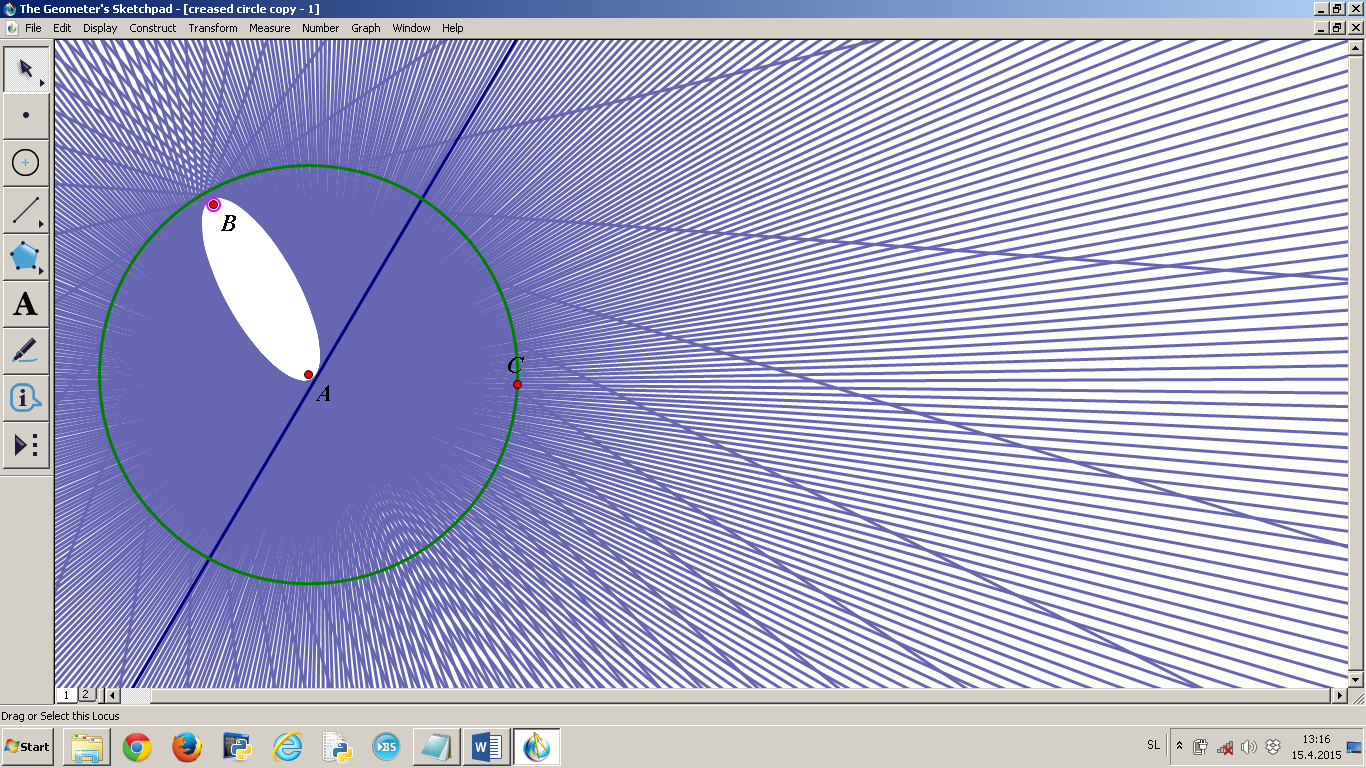


**Slika 5: Dokument z več stranmi**

* Geometrijsko mesto točk (Chanan, 2002)

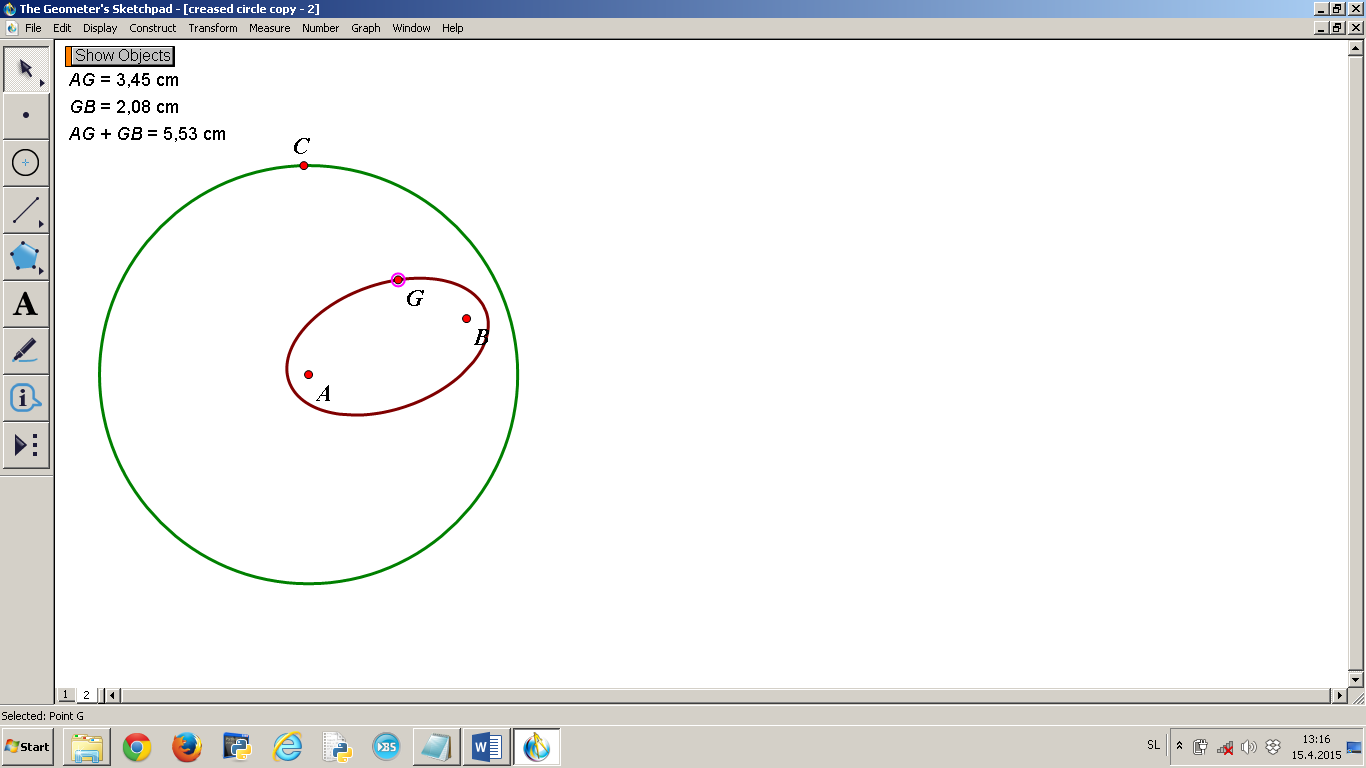
Geometrijsko mesto točk ali »locus« (angleški izraz) pomeni množico točk, katerim je skupna ena ali več lastnosti oz. katere ustrezajo določenim skupnim lastnostim. Tako je npr. premica geometrijsko mesto točk, ki so enako oddaljene od dveh negibnih točk ali dveh vzporednih premic (sl.wikipedia.org). Za razlago ukaza »Locus«, ki ga v Geometer's Sketchpadu najdemo v razdelku »Construct« bomo uporabili konstruiranje elipse. Tudi elipso lahko opišemo kot geometrijsko mesto točk in sicer je to množica tisith točk, pri katerih dobimo vedno enako vsoto razdalj od enega gorišča do dane točke in drugega gorišča do dane točke.

Začnimo z metodo prepogibanja kroga: iz papirja izrežemo krog s središčem A in v notranjosti kroga poljubno označimo točko B. Pregib naredimo tako, da točka B pade na krožnico. Potrebno bo narediti petdeset ali več tovrstnih pregibov, da se nam bo znotraj kroga pričel pojavljati obris elipse s točkama A in B kot njenima goriščema. V Geometer's Sketchpadu lahko to izvedemo zelo preprosto z le nekaj ukazi. Načrtamo torej krog s središčem A in si izberemo poljubno točko B znotraj kroga in poljubno točko C na krožnici in »imitiramo« pregib tako, da narišemo pravokotnico v razpolovišču daljice BC – tako točka B pade v točko C na krožnici. Pravokotnico označimo in iz razdelka »Display« izberemo ukaz »Trace Line«, nato pa točko C premikamo vzdolž krožnice – vsaka nova premica je enaka pregibu, ob katerem točka B pade na krožnico (v točko C). Še preprosteje pridemo do istega rezultata, če na skici označimo pravokotnico na daljico BC in točko C ter izberemo ukaz »Locus«. Kot vidimo na spodnji sliki, se nam hipoma pojavijo vsi tovrstni pregibi:



**Slika 6: Pregibanje kroga**

Dokaza, da je dobljeni lik res elipsa, se bomo lotili tako, da bomo z daljico povezali središče kroga A in točko C na krožnici ter poiskali presečišče s pravokotnico na daljico BC. S tem smo dobili točko, kjer je pravokotnica na daljico BC obenem tangenta na dobljeno elipso, ki jo bomo sedaj izrisali tako, da bomo označili to točko in točko C ter izbrali ukaz »Locus«, ki nam v trenutku izriše elipso. Sedaj nam ostane le še to, da preverimo če se ohranja vsota razdalj med vsako točko na elipsi in goriščema – na elipsi si torej izberemo poljubno točko G, izmerimo razdaljo med to točko ter goriščem A in nato goriščem B (razdelek »Measure«, ukaz »Distance«), s pomočjo kalkulatorja (razdelek »Number«, ukaz »Calculate«) seštejemo dobljeni razdalji. Ko točko G premikamo vzdolž elipse, vidimo, da se posamezne razdalje spreminjajo, vsota pa se ohranja kot lahko vidimo na spodnji sliki. Zaključimo lahko torej, da je dobljena krivulja res elipsa.



**Slika 7: Elipsa**

1. **Mnenja uporabnikov in izmenjava znanja**

* Geometer's Sketchpad kot orodje za poučevanje matematike

Kot smo že velikokrat omenili, je prednost Geometer's Sketchpada v odlični vizualni predstavitvi in dinamičnosti programa, zato se je veliko uporabnikov, po večini učiteljev oz. profesorjev, lotilo raziskav v smeri, kako lahko program izboljša sposobnost učenja in razumevanja matematičnih zakonitosti. V veliki meri so zaključki enaki; ker lahko učenci sami spreminjajo objekte in s tem testirajo in preverjajo, če določene zakonitosti držijo, lahko s pomočjo Geometer's Sketchpada poglobijo svoje razumevanje za razliko od tega, da bi se informacije le naučili iz učbenikov in potem morali slepo verjeti temu, kar jim odpredavajo učitelji (Awe, 2007). Ob tem moramo seveda omeniti, da to ni posebnost izključno Geometer's Sketchpada, temveč vseh podobnih dinamičnih računalniških (matematičnih) orodij. Konkretno za naš program pa se lahko opremo na številne eksperimente s testnimi skupinami učencev, ki so reševale matematične naloge s pomočjo Geometer's Sketchpada in eksperiment zaključili z anketo o svoji izkušnji. Pri enem od teh eksperimentov so se učenci (višjih razredov osnovne šole) spoznavali z grafi funkcij, ena skupina s pomočjo učbenikov, druga pa s pomočjo Geometer's Sketchpada in slednji so v več kot 90% odgovorili, da so uspeli poglobiti svoje znanje dane tematike in da je bilo program preprosto uporabljati. (Leong, 2013)

Sama zelo težko ocenim, če bi program res bistveno pripomogel k mojemu razumevanju matematičnih problemov in percepciji v teh letih, saj nisem imela težav z »abstraktnim« učenjem matematike, bi ga pa po odzivih mojih znancev, katerim sem program predstavila, vsekakor priporočala vsakomur, ki ima tovrstne težave ali želi učencem približati učenje matematike, predvsem pa geometrije.

* Mnenja uporabnikov z Amazon.com (amazon.com)

Mnenja uporabnikov na Amazon.com, kjer se da program tudi naročiti, so v veliki večini zelo pozitivna, a je na žalost program ocenilo le dobrih dvajset uporabnikov, ki so po večini učitelji na osnovnih ali srednjih šolah. Za veliko prednost navajajo, da je program preprost za uporabo, vizualno nazoren in da so dokumenti lepo pripravljeni za tiskanje, nekatere pa je zmotilo, da je znotraj samega programa na voljo premalo pomoči in da se je težje spoznati z naprednejšimi ukazi.

Po mojem mnenju slednje sicer drži, vendar je že na sami domači strani na voljo ogromno število dokumentacij vključno s spletnimi tečaji, seminarji in delavnicami, uporabnikom pa je na voljo tudi »spletna skupnost« [Sketchexchange](http://sketchexchange.keypress.com/), kjer lahko na forumu izmenjujejo znanje in ideje, izbirajo pa lahko med celo knjižnico dokumentov za učenje rokovanja s programom in s konkretnimi matematičnimi nalogami, ki se lahko rešijo z Geometer's Sketchpadom, ob tem pa lahko izbirajo med različnimi nivoji težavnosti, od osnovnošolskega do višje matematike, tako da o pomanjkanju virov ravno ne moremo govoriti.

* Primerjava z Geogebro

Mnenja uporabnikov se v primerjanju Geometer's Sketchpada z Geogebro precej razhajajo in se zdijo na trenutke precej pristranska – preveč torej povzdigujejo en program čez drugega glede na to, kateremu so sami bolj naklonjeni. V članku Scotta Steketeeja z naslovom *Comparison of Sketchpad and Geogebra* bomo opazili, da avtor močno favoritizira Geometer's Sketchpad, ob tem pa velja pripomniti, da je ta članek dostopen in je bil napisan v okviru domače strani Geometer's Sketchpada. Pristranski se mi zdi zato, ker Geogebri pravzaprav ne pripiše nobenih odlik in govori le o tem, kaj Geometer's Sketchpad ima in česa Geogebra nima. Sicer drži, kot primerja avtor, da ima Geometer's Sketchpad možnost izbire označevanja objektov na skici, Geogebra pa ne (četudi je oznake na sami skici možno izbrisati, oznake objektov v seznamu, ki prikazuje potek načrtovanja, ostanejo) in da določene meritve (dolžina, ploščina) slednja na skici izpisuje brez enot, ali pa da ima Geometer's Sketchpad boljše možnosti za animacijo in večjo izbiro »akcijskih« gumbov (»action buttons«) za predstavitve (npr. za skrivanje in odkrivanje objektov, premikanje objektov, zvok ipd.) (Steketee, 2010), vendar je za pošteno primerjanje treba omeniti tudi dobre lastnosti Geogebre.

Do drugih ekstremov pridemo, če beremo mnenja uporabnikov na Geogebrinih forumih – tukaj ne bomo našli veliko navdušencev nad Geometer's Sketchpadom, češ da je to zastarel program in da ga je zasnoval »le« programer, medtem ko so pri snovanju Geogebre v ozadju matematični strokovnjaki. (forum.geogebra.org)

Strinjam se, da je Geogebra s svojimi ukazi matematično gledano veliko bolj obširna kot Geometer's Sketchpad, vendar se mi slednji zdi veliko bolj preprost za uporabo in ima veliko boljše možnosti za vizualne potrebe in poučevanje, za kompleksnejše matematične probleme pa bi sama verjetno uporabila Geogebro, čeprav pri njej velikokrat pogrešam preprostost Geometer's Sketchpada – npr. pri ustvarjanju lastnega orodja je treba v Geogebri specifično navesti, kateri objekti so »starši« in kateri »otroci«, medtem ko v Geometer's Sketchpadu enostavno označimo skico in jo shranemo kot orodje, obenem pa lahko kadarkoli preverimo korake našega načrtovanja z ukazom »Script View«, ki pa ga Geogebra nima.

**Zaključek**

Skozi spoznavanje z orodjem Geometer's Sketchpad smo lahko videli, da ima program veliko značilnosti, ki ga delajo za dobro predstavitveno orodje in je zatorej res primeren, da se ga uporablja za poučevanje matematike, še posebej geometrije in za tiste učence, ki imajo težave z abstraktno predstavo, saj lahko znotraj programa z risanjem skic in premikanjem objektov znotraj skice opazujejo, kako to vpliva na matematične zakonitosti, katere »naj bi« posplošeno veljale.

Delo z Geometer's Sketchpadom mi ni predstavljalo posebnih težav, vsekakor pa mi je bila v veliko pomoč domača stran, kjer sem našla ogromno gradiva, od navodil za posamezne ukaze do predpripravljenih datotek za poučevanje in posamezne naloge za reševanje problemov s programom. Čeprav smo tekom študija obravnavali Geogebro, sem po srečanju z Geometer's Sketchpadom za reševanje nalog velikokrat uporabila le-tega, še posebej, če sem potrebovala skice iz ravninske geometrije za predstavitve. V ta namen bi njegovo uporabo močno priporočala, za kompleksnejše naloge pa bi verjetno še zmeraj posegla po Geogebri. Vsekakor pa je Geometer's Sketchpad s svojo vizualno naravnanostjo in dinamičnostjo nepogrešljivo orodje za prva spoznavanja z ravninsko geometrijo, ki lahko zelo dobro služi tudi srednješolcem pri nalogah iz prostorske geometrije in obravnavanjem grafov funkcij in nadalje študentom različnih tehničnih smeri, seveda pa se je za tovrstno rabo treba naučiti nekaj več kot ukaz za točko in premico.

**Viri**

1. Awe, W. G. (2007), How Geometer’s Sketchpad Improves Student Learning, <http://faculty.bemidjistate.edu/grichgels/MastersPapers/Will%20Awe%20Research%20Paper.pdf> (ogled 15.04.2015)
2. Chanan, S., Fetter, A. (2002), The Geometer’s Sketchpad Workshop Guide, <http://www.dynamicgeometry.com/Documents/GSP_Wshp_Guide.pdf> (ogled 05.04.2015)
3. Leong, K. E. (2013), Impact of Geometer's Sketchpad on Students Achievement in Graph Functions, <http://www.mojet.net/articles/pdf/v01i02/v01i02-03.pdf> (ogled 15.04.2015)
4. Scher, D. (2000), Lifting the Curtain: The Evolution of The Geometer's Sketchpad, <http://math.coe.uga.edu/TME/Issues/v10n2/4scher.pdf> (ogled 05.04.2015)
5. Steketee, S. (2010), Comparison of Sketchpad and Geogebra, <http://www.keycurriculum.com/docs/PDF/Sketchpad/Detailed_Comparison_of_Sketchpad_and_GeoGebra.pdf> (ogled 15.04.2015)
6. <http://www.amazon.com/The-Geometers-Sketchpad-Exploring-Mathematics/product-reviews/1559535288/ref=cm_cr_pr_btm_link_3?sortBy=helpful&reviewerType=all_reviews&filterByStar=all_stars&pageNumber=3> (ogled 05.04.2015)
7. <https://forum.geogebra.org/viewtopic.php?f=22&t=19981&start=45> (ogled 15.04.2015)
8. <https://sl.wikipedia.org/wiki/Geometrijsko_mesto_to%C4%8Dk> (ogled 05.04.2015)