ВАЛЕНТИНА СОКОЛОВСКА
АЛЕКСАНДАР ТОМАШЕВИЋ
Универзитет у Новом Саду
Филозофски факултет
Нови Сад

УДК 001.89(006):316.2
Монографска студија
Примљен: 12.09.2012
Одобрен: 14.10.2012

ЗНАЧАЈ МАТЕМАТИЧКЕ СОЦИОЛОГИЈЕ ЗА РАЗВОЈ СОЦИОЛОГИЈЕ КАО НАУКЕ[**]

Сажетак: Циљ рада је да, прегледом најзначајнијих области математичке социологије, укаже на њен значај на развој социологије, уопште. Стога се у уводном делу указује на историју настанка ове социолошке дисциплине, као и на најзначајније области које су се развиле увођењем математичких формализама у социологију. Како аутори овог рада истичу, најплоднија достигнућа математичке социологије могу се видети у теорији игара и анализи друштвених мрежа. Због тога, након уводног дела, аутори представљају основне идеје теорије игара, а затим и моделовања друштвених процеса и друштвених структура. У свакој наведеној области математичке социологије даје се и критички осврт на њену досадашњу примену у социологији. Завршни део рада посвећен је предностима и недостацима математичке социологије, као и препрекама у њеном ширем афирмисању у савременој социологији.

Кључне речи: математичка социологија, теорија игара, анализа друштвених мрежа, математички модели.

Иако се неке од идеја математичке социологије јављају још у делима класичних социолога (види Фараро, 1997), њен озбиљнији развој се везује за период од 1950. до 1960. године. Један од значајнијих подстицаја да се ова дисциплина развије дошао је од Пола Лазарсфелда (Paul Lazarsfeld) који је 1954. године приредио зборник *Математичко*

[**] Овај текст настао је као резултат рада на пројекту „Значај партиципације у друштвеним мрежама за прилагођавање евроинтеграцијским процесима", подржан од стране Министарства образовања и науке Републике Србије.

размишљање у друштвеним наукама где су се поред радова из квантитативне методологије, нашли и текстови о употреби Марковљевих ланаца као модела за испитивање промене ставова, употреба каузалне анализе уз помоћ симултаних једначина и многи други. Интересантно је напоменути да најистакнутији математички социолози из тог периода нису били социолози по свом основном образовању. Тако је Џејмс Колман (James Coleman) завршио машинство, а са применом математике у друштвеним наукама упознао га је Пол Лазарсфелд, код којег је докторирао 1955. године на Универзитету Колумбија. Харисон Вајт (Harrison White) је студирао физику, докторирао теоријску физику 1960. године на Универзитету у Принстону, пре него што је почео да се бави социологијом. Сличне примере проналазимо и код савременијих математичких социолога, као што су Питер Абел (Peter Abell) и Патрик Дореиан (Patrick Doreian). Абел се, пре него што је прешао на Универзитету Есекс, бавио филозофијом а докторирао је на физици, док је Дореиан универзитетску диплому стекао у математици.

Међутим, један од првих математичких модела значајних за друштвене науке, настао је крајем XVIII века, инспирисан Малтусовом теоријом раста становништва. На основу идеје да људска популација тежи да надмаши расположиве залихе хране, објашњава се да становништво расте геометријском, а расположиво обрадиво земљиште аритметичком прогресијом. Тако се становништво може представити експоненцијалном функцијом времена, а обрадиво земљиште линеарном. Након тога, у области математичке демографије, формулисани су једноставни математички модели који су имали за циљ описивање величине и састава људских популација, као што су модели промена компонената становништва (полних, етничких и других) и модели кохорти преживљавања који су се бавили старосном дистрибуцијом одређене популације (Rapoport, 1983).

Касних 50-их и почетком 60-их година прошлог века, математичка социологија почиње да се уводи на неколико водећих департмана социологије у САД: на Станфорду програм организују Бернард Коен и Јозеф Бергер (Bernard P. Cohen, Joseph Berger), на Универзитету у Чикагу Лео Гудман (Leo Goodman), Харисон Вајт на Харварду и Колман на Џонс Хопкинсу. Развоју ове дисциплине допринеће и објављивање Колмановог уџбеника 1964. године *Увод у математичку социологију* у којој се Колман искључиво бавио једном граном математичке социологије, употребом модела стохастичких процеса.

Постоје многи примери у социологији који су искористили математику за решавање проблема. Тако је инспирацију за рад на динамичком моделу сегрегације, Томас Шелинг (Сцхеллинг, 1971) пронашао у чињеници да се људи групишу по многим димензијама, а врло често се дискриминација врши на основу индивидуалног понашања, пола, старости, вероисповести, расне припадности итд. Шелинг је свој модел тестирао на примеру расне дискриминације у Америци, али, због апстрактности модела, објашњава да се његови резултати могу генерализовати на све друге процесе сегрегације. Модел динамике малог света Вотсона и Строгаца (Watts and Strogatz, 1998). није био мотивисан друштвеним проблемима као Шелингов модел сегрегације, већ разумевањем одређене мрежне структуре. Социолози су до појаве овог модела друштвене мреже посматрали као случајне, иако је већ одавно доказано да емпиријске мреже немају такву структуру (види: Barabási, 2006). Елементи у друштвеним мрежама могу бити груписани, тј. може постојати тенденција да се формирају чврсто повезане групе које се разликују од других у истој мрежи. Вотс је кроз веома једноставан модел показао да је за мреже малог света карактеристичан висок ниво груписања и кратко просечно растојање између актера у мрежи. Модел малог света омогућио је лакше разумевање важних особина друштвених мрежа, а његова општост дозвољава му примену како у социологији тако и у другим наукама. Анализи друштвених мрежа, која се последњих деценија нагло развија, неки аутори (Doreian, Batagelj and Ferligoj, 2005: 2) придају и карактер научне парадигме. Иза савремене анализе социјалних мрежа, која се развила 70-их година прошлог века на Харварду иницира радом Харисона Вајта, стоји математичка теорија графова.

Заслуге ових достигнућа долазе из математике, објашњава Кристофер Едлинг (Edling, 2009: 346). Језик математике је прецизан и тиме утиче на недвосмисленост тумачења теоријских аргумената. Тако математика промовише комуникацију и решавање проблема између другачије концептуализованих научних заједница, али и пружа себи могућност да „учи” од других наука. Анализа друштвених мрежа је веома добар пример да математика може да послужи друштвеним наукама на исти начин као и природним. У анализи друштвених мрежа, математика је пружила алатке за решавање сложених мрежних проблема, језик како би се олакшала комуникација, али и начин да се премосте теоријски концепти у социологији, математици, информатици, антропологији и сл.

Теорија игара

Како теорија игара проучава међузависност одлука у ситуацијама када два или више актера делују интенционално, Петерсон (Petersen 1994:498) наводи четири врсте ових зависности. Прво, исходи ових интеракција зависе од избора свих актера преко опште социјалне каузалности. Друго, награда сваког учесника у интеракцији условљена је наградама свих других актера. Треће, избор (односно делање) сваког актера зависи од других актера због стратегијског резоновања и четврто, на жеље једних утичу делања других, јер су индивидуалне преференције и планови по свом пореклу друштвени.

Игре се састоје од следећих елемената: (1) скупа актера, односно играча игре, (2) скупа дозвољених избора играча и правила одлучивања између дозвољених избора (која се најчешће називају и стратегије играча), као и (3) и матрицама (функцијама) исплате. Када говоримо о теорији игара у друштвеним наукама, потребно је, пре свега, дефинисати термин „игра". Ричард Сведберг истиче да је адекватнији назив за теорију игара „теорија интерактивног доношења одлука" и да теорија игара са конвенционалним појмом „игре", као рекреационе људске активности, нема ништа заједничко (Swedberg 2001: 302).

Од самог формалног конституисања теорије игара крајем треће деценије прошлог века, она поседује релативно изражену везу са социологијом. У предговору првом издању своје чувене књиге *Теорија игара и економског понашања* (von Neumann and Morgenstern 1944/1955), Џон фон Нојман и Оскар Моргенштерн истичу две области примене њихове теорије: прва се односи на (математичке) игре у ужем смислу, а друга на економске и социолошке проблеме. Уз ентузијазам формалних твораца теорије игара, многи рани теоретичари игара полагали су велике наде у примену теорије игара у социологији (нпр. Херберт Сајмон, види Симон 1958). Ипак, за разлику од динамичног развоја ове теорије у економији, социолошка теорија игара остаје релативно неразвијена до данас.

У периоду убрзаног развоја теорије игара (од краја педесетих до средине седамдесетих година XX века), не долази до важнијих примена ове теорије у социологији. Чак и социолози који су у том периоду били познати по својој примени математичких модела и концепата нису значајну пажњу посветили теорији игара. На пример, Лазарсфелд је изјавио да не види никакву корист од теорије игара, док је Џејмс Колман био упознат са књигом *Теорија игара и економског понашања*, али је сматрао да „нема пуно користи од преношења економске парадигме рационалног делања у социологију" (Coleman 1990, наведено према

Swedberg 2001: 304). Ни водећи социолошки теоретичари тога времена нису показивали заинтересованост за теорију игара. Према Нилу Смелсеру, „[Parsons] је сасвим сигурно био свестан књиге Фон Нојмана и Моргенштерна и с времена на време би је поменуо, али никада у контексту теоријске важности за његов рад" (Smelser 2000, наведено према Swedberg 2001: 304).

Поред неколико изолованих пионирских покушаја примене теорије игара у социологији (нпр. Бернард 1954), до првих озбиљнијих радова и истраживања долази тек у другој половини осамдесетих година XX века (Raub, 1988; Raub and Wessie, 1990; Heckathorn, 1988). Пар година раније, политиколог Роберт Акселрод објављује књигу *Еволуција кооперације* (Axelrod 1984), која је дала подстицај бројним друштвеним научницима (политиколозима, антрополозима и социолозима) за примену теорије игара у својим истраживањима.

Током низа година, социолози су најчешће повезивали теорију игара са економијом и са парадигмом рационалног избора и управо је због тога она била мета критика. Другим речима, теорији игрaра се приговарало да се „ослања на нестварну слику хиперрационалних људских бића" (Petersen 1994: 499). Оваква критика је оправдана за већи део теорије игара у периоду од њеног формалног конституисања па све до краја седамдесетих година. Након тога, различити теоретичари игара из различитих дисциплина почињу да преиспитују претпоставке и аксиоме рационалности играча и долазе до низа различитих решења.

Тако, нобеловац Џон Харшањи 1967. године објављује рад о играма са непотпуним информацијама, односно бејзовским играма, и тиме чини један од првих корака ка стварању реалистичнијих модела игара (Harsanyi 1967). Игре са непотпуним информацијама су оне игре код којих играчи не знају све параметре модела, па чак не поседују ни потпуне информације о својим могућностима и евентуалним исплатама, што је свакако реалистичнија претпоставка уколико имамо у виду садржај људске интеракције. Деценију раније, нобеловац Херберт Сајмон, формулисао је термин „ограничена рационалост", а 1972. године пише о „теоријама ограничене рационалности" (Simon 1972). Као и Харшањи, Сајмон је увидео да је људска рационалност ограничена информацијама које поседује, али је он при томе додао и временско ограничење у процесу доношења одлука, као и когнитивна ограничења људског ума.

Ипак, највеће одступање од претпоставке о рационалности актера дешава се са настанком еволуционе теорије игара (Maynard and Price, 1973; Maynard, 1982; за више о еволуционој теорији игара види Sigmund and Nowak, 1999; Hammerstein and Selten, 1994). Првобитни домет еволуционе теорије игара била су биолошка окружења, али је убрзо она примењена и на друштвене феномене, за шта велике заслуге припадају Роберту Акселроду и његовој теорији еволуције кооперације (види Axelrod, 1980a, 1980б, 1981, 1984). Занимљиво је да Фон Нојман и Моргенштерн, али и неки други рани теоретичари игара, нису антиципирали примену ове теорије у биологији, али се управо преко биолошке еволуционе теорије игара дошло до иновативних концепата и механизама, који ће касније своју примену наћи и у друштвеним наукама.

Када се еволуциона теорија игара примењује ван биолошког контекста, онда на се на нивоу индивидуе појам еволуције првенствено односи на процес учења, а не на генетску селекцију, односно под њом се подразумева примењивање нових бихевиоралних концепата, нових начина мишљења и облика друштвене интеракције. Еволуциона теорија игара не захтева да ови бихевиорални обрасци морају бити резултат калкулације најбољих или оптималних одговора на дату стратегијску ситуацију, већ могу бити резултат посматрања и имитације других индивидуа чије се стратегије могу сматрати успешним (Holler, 2002: 590). Другим речима, играчи морају знати само које понашање је успешно, али не и зашто је оно успешно. Самим тим, успешно понашање постаје чешће у посматраној популацији. У еволуционој теорији игара еквилибријум представља исход адаптације (или учења), а не резултат стратегијског размишљања рационалног агенса (Holler, 2002: 591-592).

Може се рећи да је фокус истраживања еволуционе теорије игара динамичко понашање система. Она формализује и генерализује еволуционе аргументе тако што претпоставља да ће најуспешнији облик понашања постати и најчешћи унутар дате популације. Канонски модел еволуционе теорије игара истражује популацију играча који ступају у интеракцију током времена и прилагођавају своје понашање у складу са исплатама које су добили у претходним потезима игре, односно у претходним интеракцијама. Кључна претпоставка је то да постоји популација играча који ступају међусобно у интеракцију и чије понашање је наивно. Наивно понашање играча се може разумети на два начина: играчи не верују или не разумеју да њихово понашање има потенцијални утицај на игру противника у будућности; они најчешће не узимају у обзир могућност да њихови противници на сличан начин модификују сопствена понашања. Важно је напоменути да најуспешнија понашања не постају честа унутар популације само зато што постоји притисак селекције на неуспешна понашања, већ и зато што други играчи имитирају успешна понашања.

Пошто еволуциона теорија игра проучава популације које играју игре, она је нарочито погодна за истраживање социјалних норми и конвенција. Еволуција конвенција и социјалних норми може се моделовати преко игре у којој играчи постепено уче да играју еквилибријумску стратегију. У том случају, коначни облик конвенције (или норме) биће заправо симетрични еквилибријум игре. Примери оваквих популација су: популација потрошача која мора да одлучи коју врсту робе ће купити, популација радника која мора да одлучи колико ће труда уложити у свој рад, популација трговаца на сајму која мора да одлучи колико ће се агресивно погађати око продајне цене робе итд. (Mailath, 1998: 1348).

Еволуциона теорија игара је веома погодна за употребу у социологији и другим друштвеним наукама. Из раније изнетих аргумената можемо видети на који начин се концепт играча као рационалног доносиоца одлука мења у еволуционој теорији игара и како та промена утиче на промену фокуса анализе. Уместо *а приори* дефинисаних аксиома рационалности, еволуциона теорија игара користи доста реалистичнију претпоставку о наивном играчу који опажа понашање других индивидуа са којима током времена више пута ступа у интеракцију и који временом мења своју стратегију у складу са претходним искуством. Оно што се у биолошким играма назива мутација, у социјалном контексту можемо назвати иновацијама, уколико претпоставимо да играчи не преузимају, односно не уче „слепо” стратегије, већ уносе неке измене (које не морају бити резултат рационалне калкулације, већ могу бити производ интуиције или неког социјално-психолошког механизма: стереотипа, атрибуције, итд.). Ова могућност коју пружа еволуциона теорија игара проширује домен анализе када је реч о примени теорије игара у друштвеним наукама и води ка конструкцији реалистичнијих модела, односно игара. Социолог Мајкл Мејси на следећи начин говори у могућности употребе теорије игара у социологији:

Кључна претпоставка игре није рационалност, већ оно што би требало да буде најпривлачније за социологију, *међузависност актера*. Парадигма игара добија своју теоријску снагу тако што моделује друштвену стварност као матрицу међусобно повезаних такмичара, који модификују своје понашање у складу са исходима својих интеракција са другима, при чему понашања сваког такмичара зависе од, али и обликују, понашања оних са којима су повезани.” (Macy 1991: 810, курзив у оригиналу)

Као што је речено, теорија игара се користи за истраживање (углавном) људске друштвене интеракције и као таква може се сврстати међу технике математичког моделовања друштвених процеса. Ипак, јављају се тенденције да кроз повезивање теорије игара са другим техникама, као што су друштвене мреже, преко јединственог теоријског оквира обухвати моделовање и друштвених структура и друштвених процеса (види Galeoti et al., 2010). Марк Грановетер (Granovetter, 1985) је већ средином осамдесетих година говорио о укорењености економског делања у структурама друштвених односа, а данас теоретичари игара покушавају да конструишу моделе игара код којих су неки од основних параметара игре (као што су исплате или избори) укорењени у структури мрежних односа играча.

Математичко моделовање друштвених процеса и друштвене структуре

Основни проблем математичке социологије требало би да буде изградња модела који ће се потом имплементирати у одређену социолошку теорију, сматра Соренсен (Sorensen, 1978: 346). Али, како наводи, ова активност не доминира математичком социологијом. Уместо тога, у већини случајева се примењују већ постојећи математички модели који су обично позајмљени из других дисциплина. Тако да се математичка социологија најчешће бави тумачењем ових модела.

Анализа каузалних процеса представља најширу област математичке социологије и има за циљ да прецизира механизам промене, односно модел који ће показати како промена настаје. Соренсен објашњава (Sorensen, 1978: 350) да се математички модел друштвеног процеса може оценити с ослонцем на два критеријума адекватности: емпиријске (да ли модел одговара посматраном процесу) и теоријске (да ли модел представља адекватну социолошку концепцију процеса и тиме унапређује наше знање и разумевање о њему).

Класични приступ моделовања механизама промене покушава да одреди узрок њеног настанка. На то како се промена представља утичу три карактеристике процеса: 1) време промене, 2) да ли је процес конципиран као стохастички или детерминистички и 3) да ли је промењива од значаја континуирана (непрекидно диференцијална у односу на време) или дискретна (промена се може јавити после одређеног временског интервала).

Математичка социологија користи веома познате и једноставне моделе са извесним модификацијама и њен допринос се огледа управо у интерпретацији ових модела, а не у математичкој оригиналности. Соренсен (1978) наводи следећа три детерминистичка модела промене фокусирана на непрекидно време: модел константног раста, исцрпљујућих промена, као и модел промене са повратним утицајем. Насупрот овим основним детерминистичким моделима стоје модели стохастичког процеса, иначе веома коришћени у истраживањима друштвених наука. Две групе ових модела могу да се идентификују у зависности од природе проблема који се представља категоријама. Ако се проучавани проблем може представити као група позитивних целих бројева (нпр. број догађаја) одговарајући стохастички модел је Појзонов процес, а ако се проблем представља скупом различитих квалитативних категорија (нпр. страначка опредељеност или професионалне групе) користи се модел Марковљевих ланаца и његова проширења.

Рапопорт (1983: 143) објашњава да се у математичким теоријама стохастички процеси користе на два начина. Први је пробабилистички јер се моделом уређује понашање неког система и изводе вероватноће могућих стања у будућности. Други начин посматра одређену дистрибуцију фреквенција којом претпоставља равнотежу расподеле основних стохастичких процеса. Циљ је образложење теорије, а о посматраној расподели закључује се из постулата постанка пробабилистички утврђених догађаја.

Друга врста математичких модела усмерена је на испитивање односа (релације, доминације, размене, комуникације, итд.) између појединаца, група, кланова или било чега другог што може бити елемент неког скупа. Напори моделирања су усмерени на пружање модела структура тих односа, односно уочавање законитости у обрасцима односа између проучаваних јединица. Графички прикази таквих мрежа популарни су још од проналаска социометријске технике (шире о социометрији види Соколовска, 2011).

Графови су, као математички оквир, често непоуздан метод за анализу структуре. У мрежама са великим бројем актера и веза веома је тешко уочити њену структуру. Међутим, потребну математичку основу за ову врсту анализе теорија графова може да пружи уколико се комбинује са алгебарском матрицом С друге стране, алгебарска матрица може да се котисти за представљање теоријских концепата графикона. Употреба теорије графова на социометријским мрежама фокусира се првенствено на анализу појединачних мрежа, док се коришћењем апстрактне алгебре могу упоређивати и класификовати структуре.

Основни задатак модела процеса је формулисати механизме промене и дати математичку формулацију концепције. За разлику од њих, у структурном моделирању главни циљ је концептуализовати варијабле које су својства структура користећи одговарајући математички језик.

Особине структура дефинисане као резултати таквих напора могу формирати елементе у релационим моделима. Међутим, како је циљ структурног моделовања истицање дефиниција и класификација, основни модели имају мање модификација и проширења.

Структурним моделима је велику помоћ пружила могућност анализе социометријских мрежа. Оне показују неке карактеристике које одговарају стандардним социолошким концептима. Тако, уколико линије представљају заједничке изборе допадања између појединаца, укупна густина односа или веза се може узети као показатељ групне кохезије или солидарности. Како се густина веза обично разликује у различитим деловима графа то може указивати на постојање социометријских ”звезда” или супротно на постојање изолованих појединаца, што је и показатељ статусних разлика људи. Ове могућности пружиле су аналитичарима да одреде многобројне показатеље особина социометријских мрежа, обично на основу поређења посматраних дистрибуција са расподелом веза (види Prell, 2012). Највише пажње се поклања следећим особинама мреже: повезаности графова, постојање субграфова у већој мрежи (клике) и хијерархије у групама. Постоји још један важан концепт, а то је формализација појма уравнотежене или стабилне структуре. Модели структурне равнотеже подразумевају хипотезу о стабилности структура за разлику од номиналних дефиниција кохезије, клике и хијерархије. У избалансираној мрежној структури образац веза не изазива напетост или оптерећења.

Седамдесетих година прошлог века, Вајт и сарадници (Lorrain & White, 1971; White et al. 1976.; Boorman and White, 1976) су увидели значај спајања теорије графова и апстрактне алгебре и развили приступ за поређење више мрежа. Тиме су поставили основе за појаву једног сасвим новог приступа у анализи социјалних мрежа – најпре структуралне еквиваленције, а потом и блоковског моделовања. Дефинисање клика по густини односа у подскуповима графа је природно када се изучава дистрибуција кохезије. Али, грустина односа је само један од могућих критеријума за представљање структуре. Вајт и сарадници (White et al. 1976) су предложили још један начин за идентификовање клика, а то је сличност односа према трећим лицима а не по густини односа унутар скупа појединаца.

У развоју мрежних модела разлика између сличности и близине се показала веома корисном. За разлику од позиционог приступа релационих података, који почива на сличности међу актерима, релациони приступи се фокусирају на близини актера – географској, физичкој или друштвеној. Због тога је циљ позиционе анализе подела актера у међусобно искључиве класе на основу принципа сличности. Насупрот томе, релациони приступ, развијен из традиционалне социометрије, покушава да пронађе подскупове актера који су снажно повезани једни са другима на основу принципа кохезије или близине. У оквиру позиционе анализа развила су се два приступа. Један, заснован на корелацији (Lorrain & White, 1971), док други заступа Барт (Burt 1976), који користи Еуклидову дистанцу као алтернативу за мерење структурне еквивалентности.

На развој блоковског моделовања подсећају Ферлигој, Дореиан и Батагељ (Ferligoj, Doreian and Batagelj, 2011) Они наводе да су Боргати и Еверет (Borgatti and Everett, 1992) сугерисали примену идеја блоковског моделовања на сложеним мрежама.. Боргати и Еверет објашњавају (Borgatti and Everett, 1992: 95) да се процедура блоковског моделовања може поделити у два корака: блоковање и моделовање. Блоковање се састоји од поделе актера у структурно еквивалентне групе назване блокови, док је моделовање изградња нове матрице, на основу блоковања, у којој се сажимају обрасци односа забележени у матрици података. Боргати и Еверет блок-моделе који користе структурну еквиваленцију као основу за блоковање називају структурни блок-модели (Borgatti and Everett, 1992: 98). За разлику од структурног блок-модела, регуларни блок-модели засновани су на општијем појму еквиваленције познатом као регуларна еквиваленција. Да би блок-модел био регуларан сваки актер из једног блока мора бити повезан са било којим актером из другог блока. У том случају су сви актери из једног блока у релацији са барем неким актерима из другог блока (Borgatti and Everett, 1992: 102). Осим што су објаснили како блок-модели могу бити прилагођени за примену регуларне еквиваленције, Боргати и Еверет (Borgatti and Everett, 1992) су показали како се блоковско моделовање примењује у сложеним вишемодалним матрицама. На тај начин, ови аутори су омогућили да регуларни блок модели могу да се користе не само за мрежну анализу већ и за проналажење структуре у различитим врстама скупова података. У том процесу пажња се помера са блоковања актера према блоковању веза, што је важно јер се тиме помера и акценат структурне анализе са појединца на односе између њих.

Из ових модела насталих на основу графа социометријске технике произашли су популарни модели за истраживање структуре мреже, као што су модел преференцијалног прилога, модел ”малог света” и модел структурне кохезије. Ови модели нашли су своју примену и у истраживањима сарадње међу научницима (види Moody, 2004; Kronegger et al. 2012).

Закључак

Иако је математичка социологија понудила разноврсна решења за решавање многих социолошких проблема, она и данас представља недовољно проучавану грану социологије са малим утицајем на њен развој у целини. Међутим, на то да су сазнања математичке социологије вредна упозорава Колинс (Collins, 1994), који тврди да је један од начина да се социологија приближи наукама са брзим открићима развитак софтвера, као што су алгоритми за анализу друштвених мрежа или симулације модела за социолошке теорије.

Скворец наводи неколико потешкоћа са којима се суочава математичка социологија, (Skvoretz, 2000). Први проблем јесу интелектуалне фрустрације са којима се суочавају сви они који се баве математичком социологијом. Како је њен задатак да донесе строгост и прецизност, теоријски концепти у социологији морају бити прецизно дефинисани и коришћени доследно путем аргумената, а њихове претпоставке јасно назначене. Међутим, често су теоријски аргументи у социологији наративни и метафорички и не могу се представити у строго логичкој форми. Поред тога, велики проблем са којима се суочавају математички социолози представља природа научног проблема, који је у социологији често изузетно сложен и комплексан.

Следећа потешкоћа настаје управо из поједностављеног проучавања проблема. Коришћење математике приморава на поједностављења која се не могу избећи. Основни циљ математичке социологије је да комплексност и разноликост појава представи у облику једноставних шема описа и објашњења. Тако се комбинацијом једноставних принципа стварају комплексни али регуларни обрасци. Потенцијални проблем који се овде може појавити је што доступни методи намећу сопствена правила за поједностављење процеса.

На приговор да би успех математичке социологије захтевао развој потпуно нових математичких структура, Скворец је мишљења да је боље креативно употребљавати већ добро познате и релативно стандардне моделе (Skvoretz, 2000: 512). Нове формалне алате није потребно измишљати, већ се треба усредсредити на проблем формулације научног проблема и сасвим нов начин представљања правилности у проблемској области. Будућност математичке социологије Скворец види у коришћењу метода симулације за истраживање теоријских последица формалних модела (Skvoretz, 2000: 516).

Како се математичка знања обично не очекују од социолога и не траже се од оних који траже напредна и савремена знања из социологије, математика је и данас одсутна из стандардних уџбеника социологије, иако има признатих и великих доприноса у овој науци. Најчешће се на математичку социологију гледа као на део социолошке методологије.

Надаље, недовољну примену математичких модела, нарочито модела процеса, можемо објаснити и непостојањем адекватних лонгитудиналних података. Овај недостатак је основна препрека у коришћењу неких статистичких метода који захтевају сложене временске серије. Социологија се генерално не може похвалити базама података који се прикупљају у дужем временском периоду истом методологијом и на истој популацији.

Међутим, највећа препрека за ширење математичке социологије је изостанак адекватне едукације. Али, како Едлинг истиче: „Правилна употреба математике није питање избора. Када се проблем формулише прецизно коришћење математике је неизбежно" (Edling, 2009: 346).

Литература:

1. Axelrod, Robert (1980a). Effective choice in the Prisoner's Dilemma. *The Journal of Conflict Resolution* 24 (1): 3-25.
2. Axelrod, Robert (1980b). More effective choice in the Prisoner's Dilemma. *The Journal of Conflict Resolution* 24 (3): 379-403.
3. Axelrod, Robert and William D. Hamilton (1981). The evolution of cooperation. *Science* 211: 1390-1396.
4. Axelrod, Robert (1984). *Evolution of Cooperation*. New York: Basic Books.
5. Barabási, L. Albert (2006). *U mreži.* Zagreb: Naklada Jesenski i Turk.
6. Bernard, Jessie (1954). The theory of games of strategy as a modern sociology of conflict. *American Journal of Sociology* 59 (5): 411-424.
7. Boorman, A. Scott and Harrison C. White (1976). Social structure from multiple networks. II. Role structures. *American Journal of Sociology* 81(6): 1384- 1446.
8. Borgatti, P. Stephen and Martin G. Everett (1992). Regular blockmodels of multiway multimode matrices. *Social Networks* 14: 31-120.
9. Burt, S. Ronald (1976). Position in Networks. *Social Forces* 55/1: 93-122.
10. Collins, Rendall (1994). Why the Social Sciences Won`t Become High-Consensus. *Sociological Forum* 9(2): 157-177.
11. Doreian, P., V. Batagelj and A. Ferligoj (2005). *Generalized Blockmodeling*. Cambridge: University Press.
12. Edling, Christofer (2009). We Always Know More Than We Can Say: Mathematical Sociologists on Mathematical Sociology. In:Hedström, Peter and Björn Wittrock (eds). *Frontiers of Sociology*. Leiden: Brill, pp. 345-367.

13. Fararo, J. Thomas (1997). Reflections on Mathematical Sociology. *Sociological Forum* 12(1): 73-101.
14. Ferligoj, Anuška, Patrick, Doreian and Vladimir Batagelj (2011). Positions and Roles. In: Scott, John and Peter J. Carrington (ed). *Social Network Analysis*. London: SAGE Publications, pp. 434-446.
15. Galeoti, Andrea, Sanjeev Goyal, Matthew O. Jackson, Fernando Vega-Redondo and Leeat Yariv (2010). Network games. *The review of economic studies* 77: 218-244.
16. Granovetter, Mark (1985). Economic action and social structure: the problem of embeddeddness. *American Journal of Sociology* 91 (3): 481-510.
17. Hammerstein, Peter and Reinhard. Selten (1994). Game theory and evolutionary biology. In R. J. Aumann and S. Hart (Eds) *Handbook of Game Theory with Economic Applications*. North-Holland: Elsevier Science Publishers.
18. Harsanyi, C. John (1967). Games with incomplete information played by „bayesian" players Part I. *Management Science* 14(3): 159-182.
19. Heckathorn, D. Douglas (1988) Collective sanctions and the creation of Prisoner's dilemma norms. *American Journal of Sociology* 94 (3): 535-562.
20. Holler, J. Manfred (2002). Classical, modern, and new game theory. *Journal of Economics and Statistics* 222 (5): 556-583.
21. Kronegger, Luka, Mali, Franc, Ferligoj Anuška and Patrick Doreian (2012). Collaboration structures in Slovenian scientific communities. *Scientometrics* 90: 631-647.
22. Lorrain, F. and H. White (1971/2008). Structural equivalence in social networks. In: L. C. Freeman (ed), *Social Network Analysis Volume 3. The Structure of Social Positions.* London: SAGE Publications, pp. 3-38.
23. Macy, W. Michael (1991). Learning to cooperate: stochastic and tacit collusion in social exchange. *American Journal of Sociology* 97 (3): 808-843.
24. Mailath, J. George (1998). Do people play Nash equlibrium? Lessons from evolutionary game theory. *Journal of Economic Literature* 36 (3): 1347-1374.
25. Maynard, J. Smith. (1982). *Evolution and the Theory of Games*. Cambridge: Cambridge University Press.
26. Maynard, J. Smith and George, R. Price (1973). The logic of animal conflict. *Nature* 246 (2): 15-18.
27. Moody James (2004). The Structure of a Social Science Collaboration Network: Disciplinary Cohezion from 1963 to 1999. *American Sociological Review* 69(2): 213: 238.
28. Petersen, Trond (1994). On the promise of game theory in sociology. *Contemporary Sociology* 23 (4): 498-502.
29. Prell, Christina (2012). *Social Network Analysis*. London: SAGE Publications.
30. Rapoport, Anatol (1983). *Mathematical Models in the Social and Behavioral Sciences*. New York: John Wiley & Sons.
31. Raub, Werner (1988). Problematic social situations and the „large number dilemma": a game-theoretical analysis. *Journal of Mathematical Sociology* 13 (4): 311-357.

32. Raub Werner and Jeroen Wessie (1990). Reputation and efficiency in social interactions: an example of network effects. *American Journal of Sociology* 96 (3): 626-654
33. Schelling, C. Thomas (1971). Dynamic models of segregation. *Journal of Mathematical Sociology* 1: 143-186.
34. Sigmund, Karl and Martin, A. Nowak (1999). Evolutionary game theory. *Current Biology* 9 (14): 503-505.
35. Simon, Herbert (1958). Games and Decisions: Introduction and Critical Survey. by R. Duncan Luce; Howard Raiffa. *American Sociological Review* 23 (3): 342-343.
36. Simon, Herbert (1972). Theories of Bounded Rationality. In: C.B. McGuire and R. Radner (eds) *Decision and Organization*. Amsterdam: North-Holand Publishing Company
37. Skvoretz, John (2000). Looking Backwards into the Future: Mathematical Sociology Then and Now. *Sociological Theory* 18(3): 510-517.
38. Sokolovska, Valentina (2011). Sociometrija – preteča analize socijalnih mreža. U: Sokolovska, V. i M. Škorić (ur.) *Analiza socijalnih mreža I*. Novi Sad: Filozofski fakultet, str. 68-85.
39. Sorensen, B. Aage (1978). Mathematical Models in Sociology. *Annual Review of Sociology* 4: 345-371.
40. Swedberg, Richard (2001). Sociology and game theory: contemporary and historical perspectives. *Theory and Society* 30: 301-335.
41. von Neumann, John. and Oscar Morgenstern (1944/1953). *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton, Nj: Princeton University Press.
42. Watts, J. Duncan and Steven H. Strogatz (1998). Collective dynamics of ‘small-world’ networks. *Nature* 393: 440-442.
43. White, C. Harrison, Scott A. Boorman and Ronald L. Breiger (1976). Social Structure from Multiple Networks. I. Blocmodels of Roles and Positions. *American Journal of Sociology* 81(4): 730-780.

The importance of mathematical sociology for the development of sociology as a science

Summary: The goal of this thesis is to indicate the significance and importance of the Mathematical Sociology on the evolvement of Sociology as a science, by reviewing the most important scientific fields of Mathematical Sociology. For this reason, in the introductory part, the history of this sociological discipline is pointed out, as well as the most significant fields derived from the co-optation between Mathematics and Sociology. As the authors point out, the most fruitful achievements of the abovementioned cooperation are evident in the Game Theory and the analysis of social networks. Due to this, after the introductory part, the authors present basic ideas of Game Theory, and, afterwards, the modelling of social processes and social structures. In each of the mentioned areas of Mathematical Sociology, what is given is the critical approach to its current application on Sociology. The final part of the work is dedicated to the advantages and disadvantages of Mathematical Sociology, along with the obstacles in its broader affirmation in contemporary Sociology.

Key words: Mathematical Sociology, Game Theory, social networks analysis, mathematical models