

**ОСВРТ НА КОМПЛЕКСНИ ПРИСТУП
ПРОУЧАВАЊУ ИНТЕРАКЦИЈА ЧОВЕК (ДРУШТВО) - ПРИРОДА**

ДРАГАНА МИЉАНОВИЋ*

Географски институт „Јован Цвијић” САНУ, Буре Јакишића 9/3, Београд, Србија

Сажетак: Традиционални приступ проучавању интеракција друштва и природе заснован на редукционизму и линеарној каузалности не успева адекватно да објасни комплексну динамику интегралних социоекономских и природних система. Стога, све чешће се чују апели у прилог теорији комплексности. За разумевање интеракција друштва и природе, човека и његове животне средине мора се кренути од истраживања начина на који та два система функционишу заједно, а не започети истраживање анализом тих система самих за себе, изоловано. Како комплексни приступ на нашем простору није довољно познат, у првом делу рада се приказује помак у мишљењу од редукционизма ка холизму и теорији комплексности. У другом делу, тежиште је стављено на својства комплексних система какав је систем човек (друштво) - природа.

Кључне речи: редукционизам, холизам, теорија комплексности, спојени природни и друштвени системи

Увод

Еколози и научници који се баве животном средином сагласни су у ставовима да су многи данашњи еколошки проблеми посматрани у различитом просторном и временском оквиру веома сложени системски проблеми. Природни и друштвени системи сложени су сами по себи, али због померања од природних ка преовладавању система измењених људским активностима (покретачима промена), многи од тих проблема укључују додатну комплексност која проистиче из узајамног деловања та два система. Разумевање сложености интегралних природних и друштвених система која проистиче из интеракција мора кренути од проучавања начина на који та два система функционишу заједно, а не од проучавања тих система одвојено. У настојању да се оствари концепт одрживости потребно је развити нови концептуални оквир (комплексно системско мишљење) који ће обухватити комплексну динамику социоекономских и природних система (Li B.L., 2004). У свим концепцијама и приступима еколошким проблемима наглашава се њихов мултидимензионални и динамички карактер и значење (комплексни узрочно-последични односи).

Прихатање животне средине као сложеног система односа природне и друштвене средине и еколошког проблема као сложеног системског проблема кога карактерише нелинеарност, динамичност, мултикомпонентност и др. (Antunes P., Santos R., 1999; Grzybowski A.G.S., Slocombe, D.S., 1988; Љешевић М., 2000; Миљановић Д., 2007; Radovanović M., 1977a; Funtowicz S., Ravetz J.R., 1999; Hadfield L., Seaton R.A.F., 1999; Hjojrth P., Bagheri A., 2006; Wang M.S. *et al.*, 2000 и др.)

* У раду су презентовани резултати истраживања на основном пројекту (146011), који се финансира од стране Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије.

имплицира примену системске парадигме односно теорије комплексних система. Комплексност је у савременој науци појам који се веже за феномене који се не могу описати класичним начинима и методама па се јављају нови концепти у начину њихове интерпретације (самоорганизација, емергенција, *path dependence* - пут зависности и позитивна повратна спрега). О географском мишљењу и приступу у проучавању односа природа-друштво постоји богата научна грађа (о томе ће у наредним поглављима више бити речи).

Приказом недостатака традиционалног погледа на свет који нас окружује (редукционизам), што значи искључивање сваке врсте ултимативне линеарности на релацији узрок-последича улазимо у нову област науке знану као теорија комплексности (заснована на достигнућима квантне физике - холистички приступ). Акцент је на процесима а не стању, на кретању а не на битисању. Све што се догађа зависи од динамике целине. Понашање и особине система не проистичу само из особина његових компонената већ у великом степену из природе и интензитета интеракција и процеса између њих. Мора се уважити мрежа интеракција, односно образци/форме међудејства природе и друштва који имају свој просторни одраз, без обзира радило се о вези, процесу или односу, и временску димензију. Суштина је у повезаности компонената система, повратним (*feedback*) процесима који изазивају нелинеарно понашање, самоорганизацији и емергентним (новонасталим) својствима.

Наш циљ јесте да укажемо на значај који комплексни приступ и комплексно мишљење које укључује системско и процесно, као логика и истраживачка методологија има у начину проматрања објекта (животна средина као динамички систем), у сагледавању промена у системима кроз проучавање сложених интеракција унутар интегралних природних и друштвених система и свеобухватном разумевању динамичке природе тих система, и то пре свега у теоријском смислу.

Комплексност као елемент интеграције

Системи који се састоје из скупа елемената који улазе у нелинеарне интеракције називају се *комплексним системима*. Комплексност није аутоматски резултат већег броја елемената и/или односа (веза) у систему (Gallopin G.C. *et al.*, 2001). Нелинеарна природа интеракција (узајамно деловање) између системских делова разликује комплексне од једноставних, линеарних система, и дефинише њихову унутрашњу структуру, понашање и модел промене (Manson S.M., 2001), чинећи их тежим за разумевање и управљање. Веома јаке интеракције међу деловима система не омогућавају стварање централне хијерархијске структуре способне да управља исходом (резултатом) за разлику од линеарних система, где су управљачке функције централно координисане¹. Комплексни системи се карактеришу јаким (нелинеарним) интеракцијама између делова, сложеним повратним спрегама (петљама) које отежавају разликовање узрока од последица и значајним просторним и временским заостајањима (потребан је дужи временски период за праћење процеса и образаца промена), праговима (бифуркација) и ограничењима (Constanza, R. *et al.*, 1993), и због тога се не могу разумети редукционистичком логиком.

Социо-еколошки системи су неразложиви системи јер њихова својства, обрасци понашања и структура настају из интеракција - динамичко укрштање

¹ Линеарни системи се развијају глатко и континуирано, ка једном стању равнотеже. Услед поремећаја, механизмима негативне повратне спреге систем се враћа поново у почетно равнотежно стање. Логика комплексних система је потпуно другачија: објекат А утиче на објекат Б али и објекат Б повратно утиче на објекат А. При томе, промене у једној компоненти, изазване дејством друге компоненте, мењају начин њеног деловања на другу, и обратно, а заједно на систем у целини.

социјалних и еколошких компонената (Gallopín G.C., 2006)². Реч је о сложеним физичкогеографским (природним) и социо-економским (антропогеним) системима који функционишу као интегрисана целина у границама одређених територијалних јединица. Животна средина, као велики динамички систем дифузног (стохастичког) карактера, са човеком (друштвом) образује нераскидиво дијалектичко јединство (Radovanović M., 1977b; Љешевић М., 1980). У систему се прожимају закони неживих, живих и друштвених система који се не могу свести на научне законе ни само природних, ни само хуманистичких наука. Код истраживања спојених природних и људских система акценат је на: 1) обрасцима и процесима који *повезују* људске и природне системе; 2) реципрочним интеракцијама и повратним спрегама (ефекти људи на природу и повратно, утицај природе на људе) и 3) разумевању узајамног деловања природних и људских компонената унутар једног нивоа, као и интеракције међу територијалним нивоима (како из локалних интеракција између мноштва чинилаца настаје феномен већих размера и обратно, његов утицај на локалне системе) (Liu J. *et al.*, 2007b). Основна својства система који су у већој или мањој мери прожети техносфером, чиме је условљена све интензивнија интеракција између природних геосистема, човека и технологије су: ограничена рационалност, ограничена одређеност, ограничена предвидивост у понашању, индетерминистичка каузалност³ и еволутивне промене (Hjorth P., Bagheri A., 2006).

Услед мултидимензионалности и динамичности животна средина као предмет истраживања „снажно утиче на развој интердисциплинарних научних области, на интеграционе процесе у савременој науци” (Radovanović M., 1977a). Аналогно изнетом схватању М. Радовановића видимо место и значај науке о комплексности. Проучавању комплексних система је својствена интердисциплинарност, комбинација потпуно различитих методологија и вештина у откривању и представљању појединачних и на системском нивоу образаца понашања (Harrison S. *et al.*, 2006).

Својства еколошких проблема обрађена су у бројној литератури, издајама само неке ауторе. Еколошки проблеми су по природи комплексни, динамични, нелинеарни и вишедимензионални (Wang M.S. *et al.*, 2000); то су емергентни системи са испреплетаним хијерархијама⁴, не постоји јасна хијерархијска разграниченост (Hadfield L., Seaton, R.A.F., 1999); поседују својство *нелинеарне каузалности*: више узрока може допринети стварању само једне последице; више последица може резултирати од једног притиска; комплексне везе и односи између екосистемских компоненти и на крају, индиректни, кумулативни и утицаји настали заједничким деловањем више фактора (синергизам) (Antunes P., Santos R., 1999).

И код примене еколошких индикатора у процени стања животне средине помоћу различитих модела (PSR, DSR или DPSIR) суочавамо се са тешкоћама у обухватању комплексности односа који владају у систему животне средине. Иако матрица „DPSIR“ осветљава узрочни ланац за сваки од еколошких проблема (еутрофикација, осиромашење биодиверзитета и др.), у исто време, матрица је „грубо поједностављивање комплексности процеса и међувеза у стварном свету“ (Swart *et al.*, 1995; преузето из Niemeijer, D., de Groot, R.S., 2008). Из тог разлога аутори

² У енглеској литератури користе се следећи термини: социо-еколошки системи („social-ecological systems“; Gallopín G., 1991; Berkes F., Folke C., 1998), спојени људски и природни системи („coupled human-environment systems“; Turner I. *et al.*, 2003; преузето из Gallopín G., 2006) и социобиофизички системи („sociobiophysical systems“; Grzybowski A.G.S., Slocombe D.S., 1988).

³ Ову тврдњу треба разликовати од индетерминизма који пре свега одриче узрочну узајамну повезаност природе и друштва и ставља друштво изнад природе, односно изван природе.

⁴ Тврдњу су илустровали разматрајући загађеност ваздуха саобраћајем и проблем са респираторним болестима као емергентан систем на релацији: саобраћај - загађивање ваздуха - болест (астма).

инсистирају на увођењу мрежне каузалности (узрочности), што захтева дубљи увид у комплексност стварног света.

Веома изражена подела у проучавању физичког комплекса с једне и друштвеног с друге стране, па самим тим и наука представља друштвено-историјски производ који се жели поништити „окретањем ка комплексности“ (Urry J., 2006). Наиме, циљ јесте раскид са научном традицијом одвајања природе од друштва будући да их обоје, као што смо истакли, карактерише сложеност. Аутори из друштвених наука се у проучавању сложених (интегрисаних) људских и природних система најчешће фокусирају на међуљудске односе, минимизирајући улогу еколошког контекста или пак утицаје на животну средину опажају као константне величине (?!), док су еколози традиционално усмерени на очуване природне средине у којима су људи ретко доминантни чиниоци. Иако дисциплинарна истраживања и даље остају значајна за унапређивање сазнања о строго дисциплинарним питањима у бројним аспектима људских и природних система, оно што је сигурно јесте да је неделотворно истраживати друштвене и природне системе одвојено када се истраживања односе на интеракције на линији човек (друштво) - природа. У том контексту нема логике за искључивање тесне узајамне повезаности та два система (Liu J, *et al.*, 2007b)⁵. Управо принцип *геосистемности* подразумева да се при свим активностима у заштити животне средине и очувању природе мора водити рачуна о јединству система географских појава, процеса и фактора, да појединачни процеси могу бити изучавани посебно али да се њихова улога не може посматрати одвојено од системски повезаних осталих фактора и процеса (Љешевић М., 2007). Комплексно сагледавање просторних односа сагласно је размишљањима о сложеним односима природе и друштва.

Сложеност еколошких проблема у којима је схватање јединства човека и средине и везе међу појавама и њихов међусобни утицај једна од најважнијих особина (али најтежа за операционализацију), пружа и могућности у географском приступу овој проблематици. Географија као свој предмет, осим просторне распрострањености и схватања просторних односа, укључује управо елемент повезаности и интеграције међу појавама и процесима. Поједине појаве и процеси предмет су других наука, везе међу појавама, њихов међусобни утицај и интеракција и просторна компонента представљају најважније географске садржаје. Холистички приступ, приступ комплексног и свеобухватног сагледавања и схватања неког проблема одговара и географији (целовитост - својство географског мишљења), а тиме и дефинисању целовитих, никако парцијалних, решења. Наиме, холистичко виђење света, коришћење системског оквира и наглашавање интегралности природних и друштвених наука нису „нова“ научна сазнања и открића. Alexander von Humbolt (1769-1859) један од великана географије и предеоне екологије дефинише предео на следећи начин: „Landschaft ist das Totalcharacter einer Erdgegend“⁶. Положај на раскршћу наука омогућава географији да истражује комплексне проблеме и међусобне интеракције природе и друштва (Грчић М., 2007). Иако су геосистеми, територијални системи, географски системи геопросторна стварност и неделовитост,

⁵ Конципирање „science of coupled human and nature systems“ (CHANS) можемо тумачити као настојање да се посебно апострофира нужност холистичког сагледавања односа и процеса између природног и друштвеног система и интеграције свих наведених аспеката. Кратак историјат и предмет истраживања науке о спојеним људским и природним системима дат је у: Liu et al. (2007b).

⁶ Наводећи звезде на „географском небу“ од антике до 18. века (Herodotus, Strabon, Ptolemaios, Sebastian Munster, Bernhard Varenius, Anton Friedrich Buisching, Georg Forster, and Carl Ritter) O. Franzle (2001) истиче разлоге зашто посебно издваја Хумболта: ниједан од поменутих аутора није покушао да схвати Земљу или њене делове у њиховом структурном диверзитету и комплексности биотичких и абиотичких међуодноса, нити су укључивали импресивни варијетет друштвених аспеката, као што је то умео Хумболт, као истраживач и географ.

управо због њихове изузетне комплексности и повезаности они у целости не би могли бити једино географски објекат истраживања (Šterc S, 1986).

Утицаји на географско истраживање кроз теорију комплексности испољавали се 80-их година прошлог века. Регија схваћена као комплексан систем била је једна од основних производа овог епистемолошког приступа⁷. Холистичко представљање просторних садржаја које проистиче из концепта одрживог развоја учврстило је перспективу у географији која је проучавала просторне системе у складу са теоријом комплексности. Захваљујући својој способности да интегрише друштвене и природне компоненте простора и конкретних места у холистичке визије, географија задобија растући значај (Vallega A., 2007). Оно што је за географију кроз историју значајно концепт региона данас је то животна средина (и питања везана за њу), као централни организациони концепт (Demeritt D., 2009). И за D.L. Skola глобални трендови у проучавању еколошких проблема са кључним нагласком на сложене међусобне интеракције човека (друштва) и животне средине у новом веку представљаће „могућности и изазове за географију као интегралну дисциплину“ (Skole D.L., 2004).

Проучавање односа на релацији природа-друштво (човек-животна средина) представља константну тему кроз историју географије (Golledge R.G., 2002). Веома детаљан приказ два главна географска идентитета и историјски пресек њиховог односа дао је Turner (2002): географија као просторно-хоролошка наука (Karl Ritter, Ferdinand von Richthofen, Alfred Hettner и др.) и географија као наука о односима човек-природа (Alexander von Humbolt, Joachim Schouw, Elisée Reclus, Peter Kropotnik и др.). Овим приступима у географским истраживањима заједничко је повезивање физичке и друштвене географије, односно јединство географије као науке. Turner подстиче географе да ревитализују традиционална географска проучавања односа између човека и природне средине са идејом да та проучавања постану централни садржај географског идентитета (Turner II B.L., 2002)⁸. Научни радови о значају и месту географије у систему наука; нужности превазилажења јаз/подела између физичке и друштвене географије (што је супротно идеји о јединству као концепту за коју су се залагали Hartshome, Anuchin, Haggett, Hagerstrand и др.), а посебно о географском приступу истраживању животне средине су бројни (Vallega A., 2000, Demeritt D., 2009; Gober P., 2000; Golledge R.G., 2002; Goudie A. S., 1986; Грчић М., 1987, 1990, 2007, 2009б; Johnston R., 2006; Љешевић М., 1980, 1987, 1995, 2000; Massey D., 1999; Skole D.L., 2004; Pitman A.J., 2005; Радовановић М., 1967, 1977а, 1977б, 1988, 1993/94; Thrift N., 2002; Turner II B.L., 2002; Тошић Д., 2005; Hanson S., 2004; Harrison S., 2001; Harrison S. *et al.*, 2004; Clifford N.J., 2002 и др.). Место географије у систему наука у будућности и њен допринос у решавању глобалних проблема, сагласни су бројни аутори зависеће пре свега од оствареног јединства унутар саме науке (више у Harrison S. *et al.*, 2004) и остваривања „сједињавања“ или „хомологије идентитета“ (Turner II B.L., 2002).

Како истичу J. Liu и сарадници, у спојеним људским и природним системима функционише систем реципрочних повратних спрега (петљи) у којима људи с једне стране утичу на природу (обрасце и процесе), а онда ефекте свог деловања осете кроз критичне (повратне) или катастрофалне (неповратне) промене. Петље повратног

⁷ Рестроспект континуитета – дисконтинуитета схватања регије у географији од парадигме хорологизма до парадигме функционализма–организације простора видети у: Тошић (2005). Формулације аутора да се код савремених регионалногеографских студија „уместо синтезе, интеграције и међузависности остаје на нивоу инвентаризације и детаљних анализа и класификација регионалних структура“, да студије нису завршене „целовитом синтезом која би била више од збира резултата парцијалних анализа“ и да је заправо реч о „еклектичким конгломератима географске конотације!“ доволно говоре о (не)остваривости концепта регије као комплексног система у класичној српској регионалној географији.

⁸ Под притиском разних специјализација географија је изгубила део предмета свог истраживања, али је пронашла себе кроз интегративну улогу науке, и интегрално сагледавање стварности (Љешевић М., 1995).

деловања могу бити позитивне или негативне, могу водити убрзавању или успоравању темпа промена како у природним, тако и у друштвеним системима (компонентама) (Liu J. *et al.* 2007b)⁹. Покушаји претежно дисциплинарних начина досезања ове холистичке, интерактивне и сложене материје (анализа објекта високог степена сложености) осуђени су на неуспех, у томе су сагласни бројни аутори. Управо, посебан значај теорије комплексности лежи у њеној интердисциплинарности (Proctor J.D., Larson V.M.H., 2005). Теорија комплексности пружа основу за интердисциплинарна истраживања и превазилажење граница између научних дисциплина (Bennett D., McGinnis D., 2008) и јединствену епистемолошку перспективу за научно истраживање (O'Sullivan D., 2004). Према једном у литератури заступљених тумачења теорија комплексности нам помаже у разумевању стварности, мењању начина виђења стварности. Комплексност је уједно и својство географске стварности.

Од редукционизма ка холизму и теорији комплексности

Истражујући помак у погледу на свет, поимању света Dent науку о комплексности објашњава као приступ у истраживачком раду, проучавању и предвиђању стварности који чини филозофске основе тог новог погледа на свет. Он укључује холизам, перспективна опажања, узјамну каузалност, повезаност - интеракције као јединицу анализе (акцент је на процесу а не на структури) и др. Традиционални поглед на свет практикован у 20. веку изграђен на хипотези атомизма, заснива се на редукционизму, детерминисаности одређених тенденција, објективним научним истраживањима која не укључују посматрача, линеарној каузалности, ентитету као јединици анализе и др. (Dent E.V., 1999).

Механистички поглед на свет први пут је изложио Декарт у седамнаестом веку, а затим је Њутн остварио синтезу између научног знања и принципа, чиме је механистички модел успостављен као темељ науке (аналогија са функционисањем машине)¹⁰. Научна теорија претпоставља да се свака појава своди на своје саставне делове, а да је сврха науке да одреди те делове и утврди опште законе по којима функционишу, да свака последица има претходни узрок који је могуће прецизно одредити у терминима тих општих закона. Целина се раставља на делове, детаљно анализира и затим поново саставља без губитака својстава у процесу. Претпоставља се да што више знамо о функционисању делова више ћемо знати о функционисању целине. Такав поглед се заснива на следећим претпоставкама: да управљати треба растављањем целине на делове, да моћ извире из силе и да је свет потпуно предвидив.

Комплексни (стварни) системи не могу бити успешно редуктовани на материјалне делове без губитка неког значајног атрибута. То својство система водило је увођењу фразе која је постала мантра за истраживање комплексности, а која гласи: „целина је више од скупа свих њених елемената“ (Mikulecky D.C., 2001). О томе пише и De Landa: „...То је из разлога јер из одређених комбинација настају новонастала *емергентна својства*, тј. својства комбинације као целине која су често много више од збира својстава њених појединих делова. Дакле, ако расчланимо целину на делове и затим покушамо да начинимо њен модел *додавањем* састојака, нећемо захватити

⁹ У раду J. Liu сарадника (2007a), анализирана су различита подручја (урбана, полуурбана и сеоска), како у развијеним тако и у земљама у развоју (Кенија, Кина, САД-е, Бразил и Шведска). На примерима је показана комплексност интегралних људских и природних система која проистиче из разноликости географских датости и доминантних друштвених процеса, затим нелинеарна динамика са праговима (бифуркације), повратна спрега, хетерогеност, изненађења у понашању система и друга својства.

¹⁰ Картезијанска концепција добила је шездесетих и седамдесетих година прошлог века своје место и у географији у склопу теорије антропогенезе ландшафта (Радосављевић Р., Радовановић М., 1990).

ниједно својство које се (емергентно) појавило из комплексних међуделовања, будући да њихов допринос може бити и мултипликативан (нпр. узајамно напредовање), а не само адитиван“ (De Landa M., 2002).

Линеарана каузалност као начин мишљења/размишљања или пренето на област управљања - систем *команде и контроле* (Holling C.S., Meffe, G.K., 1996; преузето из Hjoth P., Bagheri, A.; 2006) примењује се кроз решавање проблема након што се он догоди (реактивно деловање). Ова парадигма имплицитно претпоставља да је проблем јасно ограничен (издвојен), јасно дефинисан, релативно једноставан и линеаран на релацији узрок - последица. Управљање еколошким проблемима кад се проблеми већ појаве је у ствари феномен одсуства управљања. До те ситуације долази управо услед изостанка холистичког и комплексног мишљења (Wulun J., 2007)¹¹. Са уважавањем комплексности као такве одбацује се концепт контроле и владања, он бива замењен заједничким управљањем (*shared governance*) у који су укључени бројни актери (подела одговорности). Строга хијерархичност и линеарност бивају замењени новим односима између бројних актера на различитим нивоима (ткиво и мрежа интеракција).

Прелаз са традиционалног на савремени поглед на свет захтева промену у мишљењу. По Dent-у, она је нужна и неизбежна. Осим тога, логично звуче и констатације да уколико и даље тежимо да се развијемо и напредујемо у овом свету морамо кориговати неке наше најдубље менталне моделе о свету и о нашим интеракцијама са природом¹². Најнеопходнији помак, наглашава аутор, односи се на помак у мишљењу тако да наука о комплексности буде виђена као „нормална“ наука¹³ (Dent, E.V., 1999). Централно за комплексност јесте идеја *емергенције*¹⁴ као процес „настајања нових и кохерентних структура, облика и својстава у комплексним системима у току процеса самоорганизације“ а „емергентни феномени су концептуализовани на макро нивоу, за разлику од компонената и процеса из којих настају на микро нивоу“ (Goldstein J., 1999). Дакле, утицаји са микро нивоа система (делови) на макро ниво (целина) настају из интеракција његових делова. Интеракција производи повратну спрегу којом актуелно стање система директно или индиректно утиче на његова будућа стања, чега ми вођени својим уским и ограниченим циљевима (и интересима) нисмо свесни или не желимо бити. Системске карактеристике резултирају из динамичних интеракција међу компонентама система. Оне омогућавају еволуцију и трајност емергентних система, какав је и социо-биофизички или интегрални природни и друштвени систем.

Наука о комплексности се фокусира на три кључне тачке: динамичке промене током времена, узајамно дејство и равнотежа између негативне системски стабилизујуће и позитивне системски дестабилизујуће повратне спреге и ограничења

¹¹ Самим поднасловом „У мислима сјединити раздвојено: претпоставка о каузалности“ Бек истиче да се искази о угрожености никад не могу редуковати на пуко познавање чињеница. Ризици модернизације се због своје структуре не могу довољно интерпретирати према принципу проузроковања. У ризицима модернизације ствари које су „садржински, конкретно, просторно и временски сасвим различите каузално се скупљају и тиме доводе у друштвени и правни контекст одговорности“, али као што знамо, наставља аутор ... „претпоставке о каузалности измичу нашем опажању, оне су теорија. *Оне увек морају да се замисле, подразумевају као истините, да се у њих верује*“ (истакла Д.М.). Ко инсистира на стриктној каузалности „оспорава реалност веза, које због тога ништа мање не егзистирају“ (Бек У., 2001).

¹² У бројној литератури сусрели смо се са изванредном мисли А. Ајнштајна: „Ниједан проблем се не може решити из истог типа свести из којег је настао. Морамо научити видети свет“.

¹³ Као што је познато, по концепту о *научној револуцији* Т.С. Куhn-а, настанак нове парадигме подразумева нестанак старе која не може да понуди одговоре на сложена питања, те тако бива замењена.

¹⁴ *Emergens* - онај који се појављује; *to emerge - emergent phenomena* (емергентни феномен). Отуда и термини *емергентизам*, којим се у новијој епистемологији означавају приступи теорији сазнања који почивају на идеји појаве сложених организованих структура насталих из масовних интеракција великог броја једноставних елемената и *емергентност* којим се одређују својства система која нису била садржана ни у једном његовом елементу.

у предвиђању понашања система (Cooksey R.W., 2001)¹⁵. Појавила као одговор на опште незадовољство традиционалним научним мишљењем, праксама и њиховом неспособношћу да пронађу пут и „ухвате“ ништа више осим сенке комплексне стварности (Mikulecky D.C., 2001). Поимање стварности је понекад до те мере поједностављено и парцијално да се потпуно губи сложеност феномена коју она еманира. Према Holling-у, теоријски оквир и процес за разумевање сложених система мора да задовољи следеће критеријуме: а) да буде што је могуће једноставан али не једноставнији од стварности (чувена изрека А. Ајнштајна) што олакшава комуникацију и разумевање; б) да је динамичан и прескриптиван, не статичан и дескриптиван и в) да обухвати неодређеност и непредвидивост, јер су изненађења и структурне промене неизоставна својства система који укључују природу и човека. Комплексни системи су самоорганизовани системи наглашава Holling, у којима мали скуп критичних процеса ствара и одржава самоорганизацију. За аутора комплексност тих система не потиче од случајног удруживања великог броја интерактивних фактора већ пре из малог броја управљачких процеса (Holling C.S., 2001), из комплекса веза и интеракција биолошких, друштвено-историјских и просторно-географских услова и чинилаца. Наука фокусирана на интеракције и повратне механизме је посебно апликативна за научна питања о начинима на које је човек (социо-економски систем) повезан са средином у којој живи у динамички стохастички систем - поготово пошто је редукционистичка наука обезбедила увид у то како појединачни делови функционишу сами за себе (Bennet D., McGinnis D., 2008).

Истраживање комплексности захтева нови оквир, а то је нови начин мишљења познат као *комплексно мишљење*. Шта карактерише тај нови начин мишљења? Одбацивање подела, растављања, анализирања и фрагментације целина у мање и мање делове (честице) и усмереност ка интеграцији, повезаности, синтези и комплементарности. Емергентизам мења слепо ослањање на линеарност и детерминистичке процесе нелинеарним и хаотичним процесима. Помак изазива преокрет од веровања о непобитну објективност и сигурност научне истине ка откривању граница научног знања, ка потреби за контекстуалним сагледавањем стварности и потреби да се изборимо са неизвесностима (Naveh Z., 2000). Прекретница у развоју научне мисли настаје са новим открићима Ајнштајна и квантне физике који су били у супротности са погледом Њутнове физике. Теорија релативитета је била прва значајна индикација у физици о потреби преиспитивања механицистичког реда. Као што су се и прећутне претпоставке механицизма простирале изван науке из које су поникле, тако би и прећутне претпоставке о уређености стварности као „недељиве целине“ могле да имају шири утицај (Tanguin K., 2005). Ако, уместо да размишљамо о одвојеним ентитетима почнемо да мислимо о фундаменталној целини која обухвата и повезује све елементе који је граде, онда ће сам овакав начин мишљења одредити и нове приступе животној средини. Постмодерне науке конвергирају у нову епистемолошку парадигму - *еколошку перспективу*, широко схваћену као „препознавање фундаменталних међузависности свих феномена и уграђености појединца и друштава у цикличне обрасце природе“ (Capra F., 1988; преузето из Sokal N., 2002)¹⁶.

¹⁵ Теорија комплексности заокупља научну јавност из разних области од 80-тих година прошлог века. Више о теорији комплексности у: *Emergence*, 3(1), 2001.

¹⁶ О филозофским ставовима Ф. Сарге и С. Воһм-а више у: Војковић Г. (2007). Аутор прихвата филозофске ставове о недељивости, уређености, динамици целине, усмерености на процесе и друге критеријуме новог начина посматрања стварности. Нека од својстава постмодерне науке према N. Sokal-у (2002) су: нагласак је на нелинеарности и дисконтинуитету; затим, постмодерна наука деконструише и надилази картезијанску метафизичку дистинкцију између човека и природе, посматрача и посматраног, субјекта и објекта; одбацује статичне онтолошке категорије и хијерархијске карактеристике модернистичке науке; уместо атоцизма и редукционизма нове науке истичу динамичку мрежу односа целине и делова и др.

Преглед теорија комплексности - структуру различитих концепата или типологију приступа комплексности даје Manson. Посебан нагласак стављен је на истраживање три класе комплексности: алгоритамска (комплексна математичка теорија и теорија информација), детерминистичка (теорија хаоса и теорија катастрофа) и агрегатна комплексност (испитује како појединачни елементи делују заједно стварајући систем комплексног понашања) (Manson S., 2001). Ми ћемо се бавити само агрегатном комплексношћу јер, како истиче O'Sullivan, „агрегатна комплексност је релевантна и посебно интересантна за географска истраживања“ (O'Sullivan D., 2004). Она имплицира да из локалне просторне конфигурације елемената и интеракција међу елементима (природним и антропогеним) настају излазни резултати на нивоу целог система. По N. Trift-у комплексност је „тело теорије које је натприродно просторно“ и „док су се претходне теорије претежно бавиле временском димензијом, теорија комплексности је једнако заинтересована и за простор“ (Trift N., 1999). Простор је комплексно ткиво природних, социјалних, економских, политичких и других односа који се током времена просторно структурирају и конфигурирају. Као што је речено, наука о комплексности је истовремено заинтересована за временску и просторну димензију система, мада је много више писано о динамичком елементу у односу на просторну разноврсност, како у природним тако и у друштвеним наукама. Теорија комплексности према D. O'Sullivan-у и сарадницима остаје фокусирана на временску димензију, на дефинисање различитих врста промена: учење, еволуцију, бифуркацију, дисипацију и самоорганизацију. Како истичу аутори, теорија је „загрлила“ посторну анализу као приступ у комплексним проучавањима. Међусобне интеракције системских елемената зависе од просторне структурираности а оне потом утичу на еволуцију просторне структуре (формирање нове структуре). Познато је да је веза између просторне конфигурације/просторних образаца и процеса предмет интересовања и просторних наука. Препознавање значаја просторног аспекта (конфигурација појава и процеса) за динамику и еволуцију система у науци о комплексности водило је сазнању да је осим временске димензије (*path dependent*) веома битна и просторна димензија (*space dependent*), оно што је већ одавно познато у просторним наукама (O'Sullivan D. *et al.*, 2006). За разумевање и управљање динамиком односа човека и животне средине, где су време и простор нераскидиво повезани интегрални приступ на релацији „простор-време“ је од суштинског значаја (Massey D., 1999). Упркос „шематском“ поимању простора тврдња о блискости географије и науке о комплексности је оправдана (O'Sullivan D., 2004)¹⁷.

Комплексни системски приступ обухвата организационе, просторне и временске спојнице између људских и природних система (Liu J., 2007b). По Manson-у (2001), агрегатна комплексност прихвата холизам и синергију која проистиче из интеракција међу компонената система. За њено разумевање неопходно је истражити кључни сет међусобно повезаних концепата којима се дефинише комплексан систем и то су: *односи између ентитета; унутрашња структура и окружење; учење*¹⁸ *и емергентно понашање и различити начини на које се комплексни системи мењају и развијају*. Срце агрегатне комплексности лежи у узајамном деловању међу компонената. Она поседује много тога што и општа теорија система, тј. са њом дели антиредукционизам и холистичко схватање системске међуповезаности. Оно што теорију комплексности разликује од опште теорије система аутор износи кроз три

¹⁷ О односу између географије и теорије комплексности (концепту емергенције) више у: Manson S.M., O'Sullivan D. (2006); O'Sullivan D. (2004); O'Sullivan D. *et al.* (2006), Harrison S. *et al.* (2006).

¹⁸ Повратна информација (реакција) из стварног света модификује структуру наших менталних модела у односу према природи. Кроз процес учења постајемо свесни динамичних односа у систему и њихових промена током времена (механизам повратних спрега).

ставке: *прво*, комплексност се односи на нелинеарну повезаност константно променљивих ентитета, док теорија система супротно, истражује статичне ентитете повезане линеарним везама које су дефинисане преко протока и залиха (енергије и информација); *друго*, теорија система се бави квантитативним (количине протока енергије и информација) и не неопходно и квалитативним, за разлику од теорије комплексности која се бави квалитативним карактеристикама; *треће*, комплексно истраживање испитује како настаје или се појављује комплексно понашање из релативно једноставних локалних интеракција међу компонента система током времена. Теорија система претпоставља да систем егзистира у стању равнотеже и негира потребу истраживања промена односа међу елементима система¹⁹. Комплексна истраживања потврђују да системи поседују емергентне (синергистичке) карактеристике које се не могу разумети без погледа на природу међусобног деловања субкомпоненти. Иако је ова идеја била трасирана и код Аристотела, Manson сматра посебно важним истаћи да је комплексно истраживање у вези са проучавањем начина на који се систем мења/развија током времена услед интеракција његових конститутивних делова. Вредност теорије комплексности постоји у очима оних који је подржавају. За неке је она пролазна мода, за друге концептуални оквир, а за остале пионирски прекид са Њутновим светом који нестаје (Manson S.M., 2001). Дати поглед на комплексност (феномен који се истражује) ће вероватно имати трајан утицај на научну праксу, сматра O'Sullivan. За аутора, појављивање првог редукционистичког корака у том процесу је неизбежно (O'Sullivan, D., 2004). По нама, потребно је познавати основна садржајна и структурна обележја, одвојено природе и друштва, али само у функцији разумевања сложених и динамичних процеса који их повезују (ставови и М. Љешевића, 2007). Много више о теорији комплексности може се пронаћи у радовима S.M.Manson (2001) и D. O'Sullivan (2004).

Враћамо се на питање комплексног мишљења кога чине системско и процесно мишљење. Emblemsvåg и Bras истичу да иако је системско мишљење веома значајно у решавању еколошких проблема и велики искорак у правом смеру, оно је ипак неефикасно у решавању проблема са којим се суочава Планета данас²⁰. Верују да је *процесно мишљење* боља парадигма јер инсистира на дубоком значењу промена. Системско мишљење није препознало чињеницу да је *суштина живота у процесима*, више се бави односима међу ентитетима. Системско мишљење се фокусира на *системе*, где је систем дефинисан преко односа између објеката и/или структура састављених од објеката. Процеси су схваћени као нешто што систем поседује и што га повезује са другим системима преко односа/веза. То значи да је системско мишљење фокусирано пре свега на *резултат* процеса. По системском мишљењу све је обухваћено односима, објектима и структурама система. То није *све*, изричито су аутори, јер системско мишљење није препознало значај промена које се дешавају током времена (мишљење и Manson-а). Процесно мишљење је боља парадигма јер инкорпорира системско мишљење и додатно се и експлицитније фокусира на *све* аспекте стварности: *процесе, односе, објекте и структуре* - *процес је тај који представља основу* (Emblemsvåg J., Bras B, 2000).

¹⁹ Отворени, сложени нелинеарни системи са повратном спрегом поседују способност самоорганизације. Концентришући се на проучавање система у стању тзв. термодинамичког еквилибријума, традиционална наука је тврдила да уколико се систем креће ван тог стања, као резултат позитивних повратних спрега, онда он може доћи у стање дезинтеграције. Међутим, комплексни системи поседују дисипативну (расипајућу) структуру и имају способност да се кроз самоорганизацију обнове (активност расипања се одвија као део стварања нове структуре). Ови системи крећући се изван еквилибријума способни су да се самоорганизују и достигну нови тип реда, еволуирају ка већој комплексности („ред из поремећаја и хаоса“).

²⁰ Више о општој теорији система, системском мишљењу и системском приступу географском простору и еколошким проблемима видети у: von Bertalanffy, L. (1972); Jackson, C.M. (2002); Грчић, М. (2008); Миљановић, Д. (2007); Petrović, S.P. (2004); Радовановић, М. (1988; 1993/94) и др.

Када се говори о замени парадигми или замени традиционалног погледа на свет емергентним (Dent B., 1999), помаци „нису јасних обрису и старо мишљење је стално имплицитно умотано унутар новог“ (Peat D., 2007). Данас је у науци, а посебно пракси „најприсутнији вид управо једног замаскираног „механицистичког“ приступа (Војковић Г., 2007). У „окретању ка комплексности“ бројни аутори посебно апострофирају потребу за променом наших менталних модела о односима између човека (друштво) и природе. У расправи посвећеној концепцијама о односу природе и човека М. Glaser даје преглед „менталних мапа“ („мапе ума“) које представљају менталне конструкте о анализираном односу те две варијабле. Полази од еко односно антропоцентричног приступа, прелази на интердисциплинарни приступ а завршава приступом о комплексним системима. Строго процењујући вредности и домете сваке од њих аутор је створио критички простор који проблематизује искључивање и ограничавање јединства природе и човека, односно место социјалне димензије у екосистемском управљању. Дисфункционални редуccionизам еко и антропоцентризма, недовољан капацитет интердисциплинарног приступа превазиђени су приступом о комплексним системима (Glaser M., 2006). Колики је значај менталних конструката најексплицитније говоре Cumming и Collier: „наше мапе ума детерминишу податке које прикупљамо, питања која сматрамо „интересантним“ и начине на који мењамо наше виђење света у складу са тим новим, добијеним резултатима“ (Cumming G.S., Collier J., 2005). О томе свој став износи и Dee Roo. Наиме, начин на који перципирамо просторни/еколошки конфликт има импликације на начин на који га дефинишемо и на (не)обухватање његове комплексности, па и на детерминисање облика одлучивања и управљања (Dee Roo G., 2003). Човек увек настоји редуковати комплексност и вишедимензионалност проблема који мора решити. Оно што би се могло боље описати као „збркана“ проблемска ситуација често се може сажети у опис „добро дефинисаног проблема са простим узрок-последича међудејством“ (Pahl-Wostl C., 2007).

Својства комплексних система

Једно од својстава сложених система²¹ јесте *мултискаларност*, дајући систему висок степен „расуте“ повезаности²². *Отвореност* је својство повезано са *дисипативном структуром система*²³, систем се налази у константној размени енергије, материје и информација са окружењем. Када се та својства комбинују са *нелинеарном динамиком*, која потиче из узајамно појачаних повратних спрега између делова сложеног система, резултат је *неповратна промена* и тенденција ка трајекторији (путањи) и понашању система који су резултанта не само садашњег стања већ и догађаја који су се десили у прошлости (*path dependence - теорија пута зависности*). То значи да одлуке које данас доносимо ограничавају будуће могућности (!?). Комплексни системи су *нелинеарни системи* у смислу да су и многе

²¹ Приказ је урађен на основу више извора: Arshinov V., Fuchs C. (eds.) (2003); Galopin G.C. *et al.* (2001); Goldstein J. (1999); Martin R., Sunley P. (2007).

²² У спојеним природним и друштвеним системима човек и природа ступају реципрочно у интеракцију преко различитих организационих нивоа и формирају комплексна ткива интеракција (Liu J., *et al.*, 2007b).

²³ Шу Prigogine, белгијски хемичар и физичар је творац термина „дисипативна структура“ („осипајућа структура“). Њиме објашњава уску повезаност између структуре и реда на једној и дисипације на другој страни. Када се достигне критична тачка флукуације у систему (*тачка бифуркације*), када је он наизглед најнепостојанији и у највећем нeredу, он може изненада да „ускочи“ у нови стабилни режим (нова структура), који се до тада у њему није показивао али је постојао као једна од његових бројних могућности. Дисипативне структуре су „острва реда у мору нeredа“, одржавајући и повећавајући свој ред на начин да повећавају нered свог спољашњег окружења. Теорија о дисипативним структурама може се применити на шуму, град, животну средину, насеље и сл. О научним резултатима до којих је дошао I. Prigogine и његови сарадници (I. Stengers и G. Nicolis) видети у: Tangyin K., 2005; Грчић М., 2005, 2008, 2009а.

везе (односи) између његових елемената нелинеарне, тако да величине последица нису пропорционалне величинама узрока, и понашање је веома различито²⁴. Унутар самоорганизујућих система постоје *повратне спреге (петље)* и *кружна каузалност*. У анализи нелинеарности позитивне повратне спреге су посебно значајне као супротност негативним повратним спрегама (Hjorth A., Bagheri A., 2006). *Самоорганизација* је феномен по коме интерактивне компоненте сарађују у стварању координираних структура и понашања вишег степена²⁵. У исто време, отвореност система подразумева деловање спољашњих флукуација и сметњи, такве снаге узрокују померање у нови режим. Значи, пут ка комплексности је уско повезан са *бифуркацијом* у нове трајекторије (путање)²⁶. Управо због себи инхерентне повезаности, нелинеарности и отворености комплексни системи пружају и *ограничено функционално разлагање*, што значи да функционисање на макро нивоу не може бити изведено из познавања функција његових субкомпоненти већ из образаца и природе интеракција. Самоорганизација може постојати само уколико систем прима енергију (*отвореност као својство*) која се трансформише унутар система, а као резултат тога јесте ослобађање енергије. Самоорганизацијом се редукује ентропија. Основна премиса за *самоорганизацију* јесте постојање *нелинеарне повратне спреге*. Комплексни системи спонтано формирају нови ред, стварајући нову структуру, форме (облике) понашања и нова својства. *Емергенција* је основни квалитет самоорганизованих система. Настаје током продуктивне интеракције између ентитета (квалитативно ново својство). Код емергенције је потребно правити разлику на релацији *макро - микро ниво*. Нивои нам омогућавају концептуално одвајање емергентног понашања с једне стране и интеракција из којег се рађа с друге (De Naan, J. 2006). Објекти и интеракције који узрокују понашање обитавају на нижем, а емергентно понашање на вишем нивоу (*bottom-up emergence*). Услед свих наведених својстава, комплексни системи су у основи *индетерминистички*. Чак и ако поседујемо потпуне информације о функцијама и везама које постоје међу компонентама система то нам не омогућава да прецизно антиципирамо његово понашање. И коначно, комплексни системи су *стохастични* по природи што у великој мери отежава и процес управљања.

Поменута својства сложених система посебно долазе до изражаја у регионалним целинама где се одвија интензивна интеракција између природе и човека, која је ... „метакрона, диспропорционална и са све већим убрзањем процеса“ те „стохастичност понашања таквих система постаје њихова основна карактеристика...“ (Радовановић М., 1993/94). Обухватање комплексности и динамике интеракција човека и природе (спојених природних и људских система) је

²⁴ Слични узроци могу имати различите последице и с друге стране, различити узроци могу имати сличне последице, узроци могу интерактивно деловати на комплексан начин и произвести неочекиване последице.

²⁵ О теоријама самоорганизације више у: Gryzbowski, A.G.S., Slocombe, D.S. (1988).

²⁶ У еволуцији социокултурних система промене могу бити *адаптационе* и *бифуркационе*. *Адаптациони тип еволуције* односа између природне средине и социокултурних система карактерише релативна стабилност што омогућава да се разраде одређене научне прогнозе, уколико нема спољашњих поремећаја. При *бифуркационом типу* демографски систем прелази различите нивое прагова, што је повезано са разарањем његове претходне структуре и организације. На бифуркационом нивоу трајекторија демографског процеса (као процеса генезе и еволуције демографског система) је неодређена и неповратна. Бифуркациони тип еволуције потврђује да развој биосфере и социума није постојан. Док се у природи ритмика, динамичност и цикличност процеса и појава врши у релативно постојаном режиму расхода енергије, материје и информација, у друштву је тај режим развоја много променљивији и с једном трајном тенденцијом експоненцијалног увећавања његовог „расходованог“ дела. У целини, стабилност сложених система одређује се равнотежом између интегративних веза и флукуацијама које га избацују из равнотежних стања. У тачки бифуркације настаје процедура избора „пута“ еволуције услед чак и малих флукуација (Грчић М., 2008).

од изузетне важности јег од тога зависи (не)успех политика управљања овим сложеним и динамичним системима (Liu J. *et al.*, 2007b).

За теорију комплексности се везује и тзв. „речник комплексности“ (Lissack M., 1999) проистекао из својстава сложених система. Сачињавају га следећи појмови: емергенција, динамика система, самоорганизација, дисипативна структура, недељивост, холизам, нелинеарност, узајамна каузалност, стање далеко од равнотеже, бифуркација и др. Њима се замењују редукционизам, механицизам, дуализам, линијска каузалност и други термини.

Резултати истраживања публиковани у раду Liu J. *et al.* (2007a) потврђују да постоје јаке везе између комплексности и интердисциплинарности и да су оствариве. Дати примери из целог света показују и да степен комплексност проистиче из интеракција биолошких, друштвено-историјских, социо-економских, просторно-географских услова и чинилаца (просторна варијабилност) тј. да варира кроз простор, време и на нивоу организационих јединица. Осим тога, они испољавају и сва поменута својства комплексних система (нелинерна динамика са праговима, систем реципрочних повратних петљи, изненађења у понашању система, хетерогеност, еластичност и др.). Ефекти остварених интеракција из прошлости оцртавају се усадашњим условима, а утичу и на будуће могућности (временска димензија). Праћење промена понашања анализираних комплексних (географских) система остварено је кроз анализу варијабли које повезују природни и друштвени субсистем уз примену различитих техника и алата како из природних и друштвених наука тако и из других области (математички и статистички модели, компјутерски симулациони модели, ГИС и даљинска детекција). Низови података за дуже временске периоде омогућили су праћење временске динамике у системима високог нивоа сложености. Све наведено реализовао је интердисциплинарни тим састављен од научника из природних и друштвених наука окупљених око заједничких питања (укључујући и географа - географски информациони системи).

Закључак

Објашњења својстава сложених система потврђују да интегрални природни и социо-економски системи образују веома сложене територијалне ентитете (најсложенија и најдинамичнија природно-друштвена системска категорија) који се могу разумети само на основу њиховог узајамног деловања, што искључује механицистички приступ. Наиме, целина и делови комплексних система могу бити схваћени у категоријама нових односа целине и делова и интеракција између делова. Природа сложених система се стално мења, настају нове структуре и нова својства из динамичких интеракција што имплицира и динамичан систем управљања. Особине система морамо разумети кроз процес настајања а не само њиховог постојања. Нужно је дубље разумевање процеса јер без обзира на кашњења у реакцијама која могу бити материјална или кашњења информација (промене се не догађају истовремено када су и покренуте, већ је за њих потребно одређено време), реакције се манифестују на себи особен начин (за нас увек у виду изненађења!). Стога, са методолошког становишта проблеми даљег развоја, управљања животном средином и стварања промењеног односа људи према природи могу се решавати коришћењем комплексног, на еколошким принципима заснованог приступа.

Како наводе Arshinov и Fuchs, током протекле две деценије појавило јако пуно радова на тему емергенције који узети заједно представљају велики помак у научним истраживањима: од структура и стања ка процесима и функцијама; од самокоригујућих ка самоорганизујућим системима; од хијерархијског управљања ка партиципацији; од услова еквилибријума ка динамичким равнотежама

нееквибријума; од појединачних трајекторија ка сноповима трајекторија; од линеарне ка кружној каузалности; од предвидивости ка вероватноћи; од реда и стабилности ка нестабилности, хаосу и динамици; од детерминисаности ка већем степену ризика и неодређености и од редукционизма ка емергентизму (Arshinov V., Fuchs C., 2003). И овај рад сматрамо малим доприносом, свакако да идеја тражи много дубље опсервације, у прихватању то “новог” начина размишљања и поимања сложених система какав је и систем човек - географска (животна) средина

Литература

- Antunes, P. and Santos, R. (1999). Integrated environmental management of the oceans. *Ecological Economics*, 31, 215-226.
- Arshinov, V. and Fuch, C. (2003). *Causality, Emergence, Self-Organization*. Moscow, Viena (<http://www.self-organization.org>).
- Bennett, D. and McGinnis, D. (2008). Coupled and complex: Human-environment interaction in the Greater Yellowstone Ecosystem, USA. *Geoforum*, 39 (2), 833-845.
- Beck, U. (2001). *Rizično društvo – u susret novoj moderni*. Beograd: Filip Višnjić.
- Vallega, A. (2007). The changing geographical approach. New horizons. У: *Зборник радова са Првог конгреса српских географа*, књ. 1. Београд: Српско географско друштво, 25-36.
- von Bertalanffy, L. (1972). The History and Status of General Systems Theory. *Academy of Management Journal*, december, 407-426.
- Војковић, Г. (2007). *Становништво као елемент регионализације Србије*. Београд: Српско географско друштво.
- Gallopin, G.C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*. 16 (3), 293-303.
- Gallopin, G.C., Funtowicz, S., O'Connor, M. and Ravetz, J. (2001). Science for the twenty-first century: From social contract to the scientific core. *International Social Science Journal*, 53 (168), 219-229.
- Glaser, M. (2006). The Social Dimension in Ecosystem Management: Strengths and Weaknesses of Human-Nature Mind Maps. *Human Ecology Review*, 13 (2), 122-142.
- Gober, P. (2000). In search of Synthesis. *Annals of the Association of American Geographers*, 90 (1), 1-11.
- Goldstein, J. (1999). Emergence as a Construct: History and Issues. *Emergence*, 1(1), 49-72.
- Golledge, R.G. (2002). The Nature of Geographic Knowledge. *Annals of the Association of American Geographers*, 92 (1), 1-14.
- Goudie A. S. (1986). The Integration of Human and Physical Geography. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 11 (4), 454-458
- Grčić, M. (1987). Neki filozofski problemi društvene geografije U: *Idejne i društvene vrednosti geografske nauke*. Beograd: Centar za marksizam Univerziteta u Beogradu. 36-52.
- Грчић, М. (1990). Геопросторне науке и њихов однос према геоекологији у: *Екологија и географија у решавању проблема животне средине*, Посебна издања, 69, 36-40.
- Грчић, М. (2005). Теоријски модели стадијално-еволутивног развоја цивилизација. *Гласник Српског географског друштва*, 85 (2), 49-64.
- Грчић, М. (2007). Научна актуелност и практичне функције географије у Србији. У: *Зборник радова са Првог конгреса српских географа*, књ. 1. Београд: Српско географско друштво, 49-57.
- Грчић, М. (2008). Становништво као демографски систем. *Демографија*, 5, 7-33.
- Грчић, М. (2009а). Теоријски концепт за проучавање цивилизација као друштвено-географских система *Демографија*, 6, 7-32.
- Грчић, М. (2009б). Географска логика и филозофски поглед на свет. *Зборник радова Географског факултета*, LVII, 59-86.
- Grzybowski, A.G.S. and Slocombe, D.S. (1988). Self-organization Theories and Environmental Management: The Case of South Moresby, Canada. *Environmental Management*, 12 (4), 463-478.
- Dee Roo, G. (2003). Environmental Planning in the Netherlands: Too Good to be True – From Command-and-Control Planning to Shared Governance. Aldershot: Ashgate Publishing Limited.
- De Landa, Manuel (2002). *Tisuću godina nelinearne povijesti*. Zagreb: Naklada Jesenski i Turk (biblioteka 42).
- Demerit, D. (2009). Geography and the promise of integrative environmental research. *Geoforum*, 40 (2), 127-129.
- Dent, E.B. (1999). Complexity Science: a Worldview Shift. *Emergence*, 1 (4), 5-19.
- De Haan, J. (2006). How emergence arises. *Ecological Complexity*, 3 (4), 293-301.
- Emblemsvåg, J. and Bras, B. (2000). Process thinking – a new paradigm for science and engineering. *Futures*, 32 (7), 635-654.
- Jackson, C.M. (2002). *Systems Approaches to Management*. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: Kluwer Academic/Plenum Publisher.
- Johnston, R. (2006). Geography (or geographers) and earth system science. *Geoforum*, 37 (1), 7-11.
- Lawton, J. (2001). Earth System Science. *Science*, 292 (5524) (Jun), p. 1965

- Li, B.L. (2004). Editorial. *Ecological Complexity*, 1 (1), 1-2.
- Lissack, M.R. (1999). Complexity: the Science, its Vocabulary, and its Relation to Organization. *Emergence*, 1 (1), 110-126.
- Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S.R. Alberti, M., Folke C., Moran, E., Pell, A.N., Deadman, P., Kratz, T., Lubchenco, Ostrom, J.E., Ouyang, Z., Provencher, W., Redman, C.L., Schneider, S.H. and Taylor, W.W. (2007a): Complexity of Coupled Human and Natural Systems. *Science*, 317 (14), september, 1513-1516.
- Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S.R., Folke, C., Alberti, M., Redman, C.L., Schneider, S.H., Ostrom, E., Pell, A.N., Lubchenco, J., Taylor, W.W., Ouyang, Z., Deadman, P., Kratz, T. and Provencher, W. (2007b): Coupled Human and Natural Systems. *Ambio*, 36 (8), december, 639-649.
- Љешевић, М. (1980). Географски простор и његова структура у комплексу истраживања и заштите животне средине. *Зборник радова Географског института ПМФ-а УБ*, 27, 107-110.
- Љјеђевић, М. (1987). Место и улога географије у интеграцији науке У: *Idejne i društvene vrednosti geografske nauke*. Београд: Centar za marksizam Univerziteta u Beogradu, 53-65.
- Љешевић, М. (1995). Географија, географи и географски информациони системи. У: *ГИС - стање и перспективе*. Београд: Географски институт „Јован Цвијић“ САНУ, 15-21.
- Љешевић, М. (2000). *Теорија и методологија животне средине*. Београд: Географски факултет УБ.
- Љешевић, М. (2007). Еколошке парадигме у географској науци и пракси. У: *Зборник радова са Првог конгреса српских географа*, књ. 1. Београд: Српско географско друштво, 77-84.
- Manson, S.M. (2001). Simplifying complexity: a review of complexity theory. *Geforum*, 32 (3), 405-414.
- Manson, S.M. and O'Sullivan, D. (2006). Complexity theory in the study of space and place. *Environment and Planning A*, 38, 677-692.
- Massey, D. (1999). Space-time, "science" and the relationship between physical geography and human geography. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 24 (3), 261-276.
- Martin, R. and Sunley, P. (2007). Complexity thinking and evolutionary economic geography. *Journal of Economic Geography*, 7 (5), september, 573-601.
- Mikulecky, D.C. (2001). The emergence of complexity: science coming of age or science growing old? *Computers and Chemistry*, 25 (4), 341-348.
- Милановић, Д. (2007): Комплексност еколошких проблема: теоријско-методолошка разматрања. *Гласник српског географског друштва*, 87 (2), 187-198.
- Naveh, Z. (2000). What is holistic landscape ecology? *Landscape and Urban Planning*, 50 (3), 7-26.
- Niemeijer, D. and de Groot R.S. (2008). Framing environmental indicators: moving from causal chains to causal networks. *Environment, Development and Sustainability*, 10 (1), 89-106
- O'Sullivan, D. (2004). Complexity science and human geography. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 29 (3), 282-295.
- O'Sullivan, D., Manson, S.M., Messine, J.P. and Crawford, T.W. (2006). Space, place, and complexity science. *Environment and Planning A*, 38 (4), 611-617.
- Pahl-Wostl, C. (2007). The implications of complexity for integrated resources management. *Environmental Modelling & Software*. 22 (5), 561-569.
- Peat, F. D. (2007). From certainty to uncertainty: Thought, theory and action in a postmoderna world. *Futures*, Vol. 39 (8), 920-929.
- Petrović, s. (2004). Sistemski prilazi rešavanju praktičnih upravljačkih problema. *Ekonomski anali*, 44(160), 147-176.
- Pitman, A.J. (2005). On the role of geography in the earth system science. *Geforum*, 36 (2), 137-148.
- Proctor, J.D. and Larson, B.M.H. (2005). Ecology, Complexity and Metaphor. *BioScience*, 55 (12), 1065-1068.
- Radovanović, M. (1967). Geografska sredina i stanovništvo. *Stanovništvo*, 5 (1), januar-mart, 19-40.
- Radovanović, M. (1977a). Teorijsko-metodološke osnove i praktični ciljevi geografskog istraživanja životne sredine. U *Zborniku radova sa X Jubilarnog kongresa geografa Jugoslavije*. Београд: Savez geografskih društava Jugoslavije, Srpsko geografsko društvo.
- Radovanović, M. (1977b). O sistemu čovek - životna sredina. *Saopštenja*, 6 (77), 32-41.
- Радовановић, М. (1988). Становништво као аутономни биосоцијални и географски систем. *Зборник радова Географског института Јован Цвијић САНУ*, 40, 167-178.
- Радовановић, М. (1993/94). Регионализам као приступ и принцип и регионализација као поступак у функционалној организацији географског простора са неким аспектима примене на Републику Србију. *Зборник радова Географског института „Јован Цвијић“ САНУ*, 44-45, 67-100.
- Радосављевић, Р и Радовановић, М. (1990). Интеграција наука и животна средина. У: *Екологија и географија у решавању проблема животне средине*, Посебна издања, 69, Београд: Српско географско друштво, 169-177.
- Skole, D.L. (2004). Geography as a Great Intellectual Melting Pot and the Preeminent Interdisciplinary Environmental Discipline. *Annals of the Association of American Geographers*, 94 (4), 739-743.
- Sokal, A.D. (2002). Nadilaženje granica: prema transformativnoj hermeneutici kvantne gravitacije. *Diskrepancija*, 3 (5-6), prosinac, 65-90.
- Tangyin, K. (2005). Prigogine's Perspective on Nature. *Silpakorn University International Journal*, 5 (1-2), 73-90.
- Thrift, N. (1999). The place of complexity. *Theory, Culture and Society* 16 (3), 31-69.
- Thrift, N. (2002). The future of geography. *Geforum*, 33 (3), 291-298.

- Тошић Д. (2005). Регионална парадигма у српској географији У: *Србија и савремени процеси у Европи и свету*. Београд: Географски факултет и др., 105–112.
- Turner II, B.L. (2002). Contested Identities: Human-Environment Geography and Disciplinary Implications in Restructuring Academy. *Annals of the Association of American Geographers*, 92 (1), 52-74.
- Urry, J. (2006). Complexity. *Theory, Culture & Society*, 23 (2-3), 111-117.
- Franzl, O. (2001) Alexander Von Humboldt's Holistic World View and Modern Inter- and Transdisciplinary Ecological Research. *Nor-theasternz Naturicalist*, 8 (1), 57-90.
- Funtowicz, S. and Ravetz, J.R. (1999). Post-Normal Science: Environmental Policy under Conditions of Complexity. URL. <http://www.nusap.net/sections.php?op=viewarticle&artid=13>
- Hadfield, L. and Seaton, R.A.F. (1999). A co-evolutionary model of change in environmental management. *Futures*, 31 (6), 577-592.
- Hanson, S. (2004). Who Are “We” ? An Important Question for Geography's Future. *Annals of the Association of American Geographers*, 94 (4), 715-722.
- Harrison, S. (2001). On reductionism and emergence in geomorfology. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 26 (3), 327-339.
- Harrison S., Massey D. and Richards K. (2006). Complexity and emergence (another conversation). *Area*, 38 (4), 465-471.
- Harrison S., Massey D., Richards K., Magilligan, F.J., Thrift, N. and Bender, B. (2004). Thinking across the divide: perspective on the conversations between physical and human geography. *Area*, 36 (4), 435-442.
- Hjorth P. and Bagheri A. (2006). Navigating towards sustainable development: A system dynamics approach. *Futures*, 38 (1), 74-92.
- Holling, C.S. (2001). Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems*, 4 (4), 390-405.
- Capra, F. (2005). Complexity and Life. *Theory, Culture & Society*, 22 (5), 33-44.
- Clifford, N.J. (2002). The future of geograpy: when the whole is less than the sum of its parts. *Geoforum*, 33 (4), 431-436.
- Costanza, R., Wainger, L., Folke C. and Mäler K.G. (1993). Modeling Complex Ecological Economic Systems – Toward an evolutionary, dynamic understanding of people and nature. *Bioscience*, 43 (8), september, 545-555.
- Cooksey, R. W. (2001). What Is Complexity Science? A Contextually Grounded Tapestry of Systemic Dynamism, Paradigm Diversity, Theoretical Eclecticism, and Oranizational Learning. *Emergence*, 3 (1), 77-103.
- Cumming, G.S. and Collier, J. (2005). Change and Indentity in Complex Systems. *Ecology and Society*, 10 (1):29 [online].<http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art29/>.
- Šterc, S. (1986). O suvremenom geografskom objektu istraživanja s posebnim osvrtom na demogeografiju. *Geografski glasnik*, 48, 99-121.
- Wang, M.S., Fang, J.K. and Bowen, W.M. (2000). An Integrated Framework for Public Sector Environmental Management in Developing Countries. *Environmental Management*, 25 (5), 463-476.
- Wulun, J. (2007). Understanding Complexity, Challenging Traditional Ways of Thinking. *Systems Research and Behavioral Science*, 24 (4), 393-402.

A REVIEW OF THE COMPLEXITY APPROACH TO THE STUDY HUMAN (SOCIETY)-NATURE INTERACTIONS

DRAGANA MILJANOVIĆ

Geographical Institute "Jovan Cvijić" Serbian Academy of Sciences and Arts, Đure Jakšića 9/3, Belgrade, Serbia

Abstract: Traditional approach to the study of society-nature interactions based on reductionism and linear causality is no longer fully capable of explaining complex dynamics of integrated socio-economic and natural systems. For this reason demands for complexity theory is growing. Understanding interactions between society and nature, human and their environment must come from the examination of how the two systems operate together, and not from examination of those systems themselves in isolation. Since our geographical community is not familiar enough with complexity theory, first part of article is devoted to outlining shift from reductionism to holism and complexity theory. In the second part, features of complex systems as it is human (society)-environment system are discussed.

Key words: reductionism, holism, complexity theory, coupled natural and human systems

Introduction

According to Li (2004) there is an emerging consensus among ecologists and environmental scientists that many of today's urgent ecological and environmental problems across spatial-temporal scales are seen as complex systems problems. Natural systems and social systems are complex systems in themselves, but because of the shift from nature- to predominantly human-dominated drivers, many of those problems involve the additional complexity of interactions between natural and social systems. Understanding complexity of integrated natural and social systems must come from the examination of how the two systems operate together, and not from the examination of those systems themselves in isolation. In the effort towards sustainability, it has become increasingly important to develop new conceptual frames (complex systems thinking) to understand the complex dynamics of coupled socio-economic and ecological systems. Under all concepts and approaches to the environmental problems, their multi-dimension and dynamic character and meaning is underlined (the complex cause and effect relations).

Acceptance of the environment as a complex relation system of the natural and social systems and environmental problem as the complex systems problem characterized by the nonlinearity, dynamics, multi-components, etc. (Antunes P., Santos R., 1999; Grzybowski A.G.S., Slocombe, D.S., 1988; Lješević M., 2000; Miljanović D., 2007; Radovanović M., 1977a; Funtowicz S., Ravetz J.R., 1999; Hadfield L., Seaton R.A.F., 1999; Hjojrth P., Bagheri A., 2006; Wang M.S. *et al.*, 2000; etc.) imply application of the systematic paradigm, i.e. theory of the complex systems. The complexity in the contemporary sciences is a term connected to the phenomena that cannot be explained by the classical methods and therefore the new concepts derive in their interpretation (self-organization, emergence, path dependence and positive feedbacks). There is a rich scientific material about the geographical thinking and approach to the research on human-environment relationship (more details in the further chapters).

By presenting the lack of the traditional worldview (reductionism) which means exclusion of any ultimate linearity in the cause-effect relation, we enter a new field of science known as the theory of complexity (based on the achievements of the quantum physics - holistic approach). The emphasis is on processes not conditions, on movements and not on the existence. Anything that happens depends on the dynamic of the wholeness. Behavior and properties of the system do not derive from the characteristics of its

components only, but in a great degree from the nature and intensity of the interactions and processes between components. The network of interactions has to be respected, i.e. applications/forms of interactions between the nature and society that have their own spatial influence, regardless of whether it is a question of the connection, process or relation and temporal dimension. The essence is in interactions between the components of the system, feedback processes that cause non-linear behavior, self-organization and emergent features.

Our aim is to point to the significance that the complex approach and the complex thinking that includes systems and process thinking as the logics and research methodology has in the observation of the object, in consideration of the changes in systems through researching the complex interactions within the integrative natural and social systems and to comprehensively understand the dynamics nature of such coupled systems, primarily in theory.

Complexity as an element of integration

The systems that comprise from the sets of elements within the non-linear interaction are called *complex systems*. Complexity is not an automatic outcome of increasing the number of elements and/or relations in a system (Galopin G.C. *et al.*, 2001). Non-linear nature interaction (mutual activity) between the system components differentiate complex from simple, linear systems and define their internal structure, behavior and the model of change (Manson S.M., 2001), making them more difficult understand and manage than simple and complicated systems. Very strong interactions between the parts of the system do not enable creation of the central hierarchical structure capable to manage the outcome (result) contrary to the linear systems, where the managerial functions are centrally coordinated.²⁷ For Constanza *et al.* (1993) complex systems are characterized by strong (usually non-linear) interactions between the parts, complex feedback loops that make it difficult to distinguish cause from effect, and significant time and space lags, discontinuities, thresholds, and limits, and therefore cannot be understood by the logic of reductionism.

Socio-ecological system is defined as a system that includes societal (human) and ecological (biophysical) subsystems in mutual interaction. Those systems are non-decomposable systems, because they emerge from the dynamic interplay between the social and ecological components (Gallopín G.C., 2006)²⁸. It is the complex physical-geographic (natural) and socio-economic (anthropogenic) system that function as an integrated wholeness within the limits of the determined territorial units. The environment, as the dynamic system of diffused (stochastic) character with a human (society) forms an unbreakable dialectical unity (Radovanović M., 1977b; Lješević M., 1980). The system is permeated by the non-living, living and social systems that cannot be compiled into the scientific laws neither merely natural nor merely social sciences. According to Liu J. *et al.* (2007b), coupled human and natural systems research focuses on the patterns and processes that *link* human and natural systems; reciprocal interactions and feedbacks - both the effects of humans on the environment and the effects of the environment on humans; understanding within-scale and cross-scale interactions between human and natural components (e.g. how large-scale phenomena emerge from local interactions of multiple agents and in turn influence local systems). Any system in which humans are involved (system that are more

²⁷ The linear systems are developed smoothly and in continuity, towards a state of balance. Due to disruption, by the mechanisms of the feedback, the system gets back to the starting position, the state of balance. The logic of the complex systems is completely different: the object A influences object B, but reversibly the object B influences object A. Thereby the changes in one component caused by the action of the other component change the way of action to the other and vice-versa, and together to the system as a whole.

²⁸ The following terms are used in English literature: "social-ecological system" (Gallopín G., 1991; Berkes F., Folke C., 1998), "coupled human-environment system" (Turner I. *et al.*, 2003; cited in Gallopín G., 2006) "sociobiophysical system" (Grzybowski A.G.S., Slocombe D.S., 1988).

or less permeated by techno-sphere, conditioned by the more intensive interaction between natural geo-systems, human and technology) is characterized by the following essential system properties: bounded rationality, limited certainty, limited predictability, indeterminate causality, and evolutionary change (Hjotrth P., Bagheri A., 2006).

Environment, as a subject of research “strongly influences development of interdisciplinary scientific fields and integration processes in the contemporary science” (Radovanović M., 1977a). Analogically to the presented understanding of M. Radovanović, we can see the place and significance of complexity science. Study of the complex systems is a unique interdisciplinary, combination of the completely different methodologies and skills in revealing and presenting individual and forms of behavior at the system level (Harrison S. *et al.*, 2006).

The characteristics of the environmental problems are elaborated in various and numerous literature, just to quote some of the authors: environmental problems are complex, dynamic, non-linear and multidimensional (Wang M.S. *et al.*, 2000); environmental problems are emergent systems with overlapping hierarchies, the lower levels of the hierarchy (subsystems and components) can be seen as embedded within a number of different hierarchies, rather than a single, unified hierarchy (Hadfield L., Seaton, R.A.F., 1999); environmental problems display non-linear dynamics: several causes contributing to a single effect; multiple effects resulting from a single pressure; inter-relations among ecosystem components; indirect, synergistic or cumulative effects (Antunes P., Santos R., 1999).

Niemeijer and de Groot (2008) point that even in applying the ecological indicators in environmental assessments (causal chain frameworks: PSR, DSR or DPSIR) we are faced with the difficulties in covering the complexity of relation that exists in the environment. Besides the “DPSIR” matrix effectively highlights the causal chain for each of the environmental issues (climate change, eutrophication, etc.), at the same time, however, “the matrix is a gross simplification of the complexity of the processes and inter-linkages in the real world” (Swart *et al.*, 1995; cited in Niemeijer, D., de Groot, R.S.; 2008). For that reason, the authors insist on introduction of the causal networks (moving from causal chains to causal networks) which requires deeper insight into the complexity of the real world.

A very emphasized division in the study of the physical complexity on one side and social on the other and therefore science, represents socio-historic product and one that is in part dissolving under the sway of “the complexity turn” (Urry J., 2006). Namely, the aim is to break the scientific tradition of separating nature from society, since as we have emphasized, both are characteristic by the complexity. As Liu *et al.* (2007b) underline, social scientists have often focused on human interactions, minimizing the role of environmental context or perceiving environmental influences to be constant, whereas ecologists have traditionally focused on pristine environments in which humans are external and rarely dominant agents. Although disciplinary research continues to be important to advance disciplinary inquiries into many aspects of human and natural systems, it is not effective to study human and natural systems separately when addressing social-ecological and human-environment interactions²⁹. In that context, there is no logic to exclude the mutual linkage of these two systems. The principle of geo-systems understands that in all undertaken activities into the environment and nature protection there should be taken care about the unity of the system of geographic appearances, processes and facts, the separate processes might be studied separately, but their role cannot be reviewed apart from the other facts and processes linked by the system (Lješević M., 2007). The complex overview of the

²⁹ The conception „science of coupled human and nature systems“ (CHANS) can be interpreted as the effort to specifically stress the need for holistic overview of the relations and processes between the natural and social systems and integration of all stated aspects. The short history and subject of research of the science of coupled human and natural systems is presented in: Liu *et al.* (2007b).

spatial relations is in line with the consideration on complex relations between the nature and society.

Complexity of the environmental problems where the understanding of the human and nature unity and relations between phenomena and processes and their interrelationship is one of the most important characteristics, offering the possibility for geographical approach to this problem. The reason more is that the geography itself as an individual subject, besides spatial distribution and comprehension of the spatial relations, includes the connectivity element and integrations among phenomena and processes. Some phenomena and processes are subject of the other sciences, but relations between phenomena, their mutual influence and interaction and spatial component represent the most important geographical contents. The holistic approach, the complex and comprehensive perception and understanding of a problem responds to geography (wholeness - characteristic of the geographic thinking) and thereby defining the whole, not partial solutions. Namely, holistic vision of the world, the use of system framework and emphasizing integration of the natural and social disciplines are not “novel” scientific knowledge and discovery. Alexander von Humbolt (1769-1859) one of the geographical giants and landscape ecology expert defines the landscape in the following way: *Landschaft ist das Totalcharakter einer Erdgegend*³⁰. The position at the cross-section of sciences enables geography to research complex problems and mutual interactivities of the nature and society (Grčić M., 2007). Although the geo-systems, territorial systems and geographic systems are geo-spatial reality and indivisibility, due to their exceptional complexity and connectivity as a whole, they cannot merely be geographic objects of research (Šterc S., 1986).

During the 1980s, influences on geographical research were exerted by the complexity theory. The region conceived as a complex system was one the cardinal products of this epistemological approach (Vallega A., 2007)³¹. The holistic presentation of the spatial contents which is derived from the concept of the sustainable development embedded the perspective in geography that has been studying the spatial systems in accordance with the complexity theory. Owing to the capability to integrate social and natural components of space and the concrete places in holistic vision, geography receives the growing significance. What it used to be through history the concept of region for geography, today is “environment as a central organizing concept in geography” (Demeritt D., 2009). And for Skole (2004) the global trends in studying environmental problems, with key emphasis on human - environment interactions in the new century will present the “opportunities and challenges for geography as an integrative discipline”.

Understanding Human-Environment Relations (HER) has been a constant theme throughout the history of geography (Golledge R.G., 2002). A very detailed description of the two main geographical identities and the historical intersection of their relation gave Turner (2002): geography as the spatial-chorological science (Karl Ritter, Ferdinand von Richthofen, Alfred Hettner, etc.) and geography as the human-environment relationship (Alexander von Humbolt, Joachim Schouw, Elisée Reclus, Peter Kropotnik, etc.). In these

³⁰ Stating the stars on “geographical sky” its beginning in classical antiquity up to the 18th century (Herodotus, Strabon, Ptolemaios, Sebastian Muinster, Bernhard Varenius, Anton Friedrich Buisching, Georg Forster, and Carl Ritter), O. Franzle emphasizes the reasons for singling out Humbolt: none of them had tried to understand the Earth or parts of it in their structural diversity and the complexity of biotic and abiotic interrelationships, nor did they include an impressive variety of societal aspects, as did Humbolt in his double capacity as an explorer and a geographer.

³¹ Retrospective of continuity - discontinuity in apprehension of region in geography from chorological paradigm to paradigm of functionalism - space organization see in: Tošić, D. (2005) The author’s formulation that at the contemporary regional-geographic studies “instead of synthesis, integration and inter-dependence, remains at the level of inventory and detailed analyzes and classification of the regional structures”, that studies are not completed “by the whole synthesis that would be more than the sum of results of the partial analysis” and that it is apparently the question of “eclectic conglomerates of the geographic connotation!?” sufficiently express (non)realization of the concept of region as a complex system in the classical Serbian regional geography.

approaches in the geographic researches the connection of physical and social geography, i.e. unity of the geography as a science is mutual. Turner (2002) has urged geographers to revitalize the human-environment tradition of research and make it central to identity of discipline. The scientific articles about the significance and place of geography in the science system; necessity in overcoming the gap/division between physical and social geography (which is contrary to the idea of unity as a concept pleaded by Hartshome, Anuchin, Haggett, Hagerstrand etc), and especially about the geographical approach to the research of the environment are numerous (Vallega A., 2000, Demerit D., 2009; Gober P., 2000; Golledge R.G., 2002; Goudie A. S., 1986; Grčić M., 1987, 1990, 2007, 2009b; Johnston R., 2006; Jbešević M., 1980, 1987, 1995, 2000; Massey D., 1999; Skole D.L., 2004; Pitman A.J., 2005; Radovanović M., 1967, 1977a, 1977b, 1988, 1993/94; Thrift N., 2002; Turner II B.L., 2002; Tošić D., 2005; Hanson S., 2004; Harrison S., 2001; Harrison S. *et al.*, 2004; Clifford N.J., 2002, etc.). The place of geography in the system of sciences in the future and its contribution to solving global environmental problems, many authors agree, will primarily depend on realized unity within the science itself (more in Harrison S. *et al.*, 2004) and realization of the “union” or “identities homologous” (Turner II B.L., 2002)³².

As emphasized by Liu *et al* (2007b)³³ within the coupled human and natural systems functions the system of feedbacks (loops) where people on one side influence nature (patterns and processes) and then the effects of their action feel through the critical (reversible) or catastrophic (non-reversible) changes. Feedback loops can be positive or negative, and can lead to acceleration or deceleration in rates of change of both human and natural components as well as their interactions. The primarily disciplinary attempts to achieve this holistic, interactive and complex matter (analysis of the high complexity object) are convicted to failure and many authors agree about it. Apparently, a special importance of the complexity theory lies in its interdisciplinarity (Proctor J.D., Larson B.M.H., 2005). Complexity theory provides a catalyst for interdisciplinary work (Bennett D., McGinnis D., 2008), base for transcendency of the limits between the scientific disciplines and unique epistemological perspective for scientific inquiry (O’Sullivan D., 2004). According to one of the readings from the literature of the complexity theory helps us in understanding the reality, changing the way of seeing the reality. Complexity is at the same time characteristic of the geographic reality.

From reductionism to holism and complexity theory

Researching in worldview shift Dent (1999) the science of complexity explains like the approach “to research, study, and perspective that makes the philosophical assumptions of the emerging worldwide (EWW) - these include holism, perspectival observation, mutual causation, relationship as unit analysis” (emphasis is on the process), and others. Traditional world view, as practiced in the twentieth century (TWV) - “which include underlying assumptions of reductionism, objective observation, linear causation, entity as unit of analysis”, and others.

Mechanistic worldview was for the first time expressed by Descartes in the seventeenth century and then Newton realized the synthesis between scientific knowledge

³² Under the pressure of different specializations, geography lost a part of its research subject, but found itself through the integrative role of science and integral overview of the reality (Lješević M., 1995).

³³ The work by Liu J. *et al* (2007a), analysis different regions (urban, semi-urban and rural) in developed and in the under development countries (Kenya, China, USA, Brazil and Sweden). Complexity of the coupled human and natural system that derive from the diversity of geographic givenness was presented on the examples, then non-linear dynamics with thresholds (bifurcations), reciprocal feedback loops, time lags, heterogeneity, surprises in behavior of the system and other characteristics.

and principle, making the mechanistic model the foundation of science (analogy with machine functioning)³⁴. The scientific theory presumes that each appearance is brought to its components and that the purpose of science is to determine that components and to determine general rules for their functioning, that each effect has a previous cause which is possible to precisely determine within the terms of those general signs. The wholeness is separated into components, analyzed in details and then again put together without the loss of features in the process. It is presumed that the more we know about the components' functioning we will know more about the functioning of the wholeness. Such view is based on the following assumptions: that disassembling of the wholeness into the parts should be managed, that power derives from force and that the world is fully predictable.

Complex (real) systems cannot be successfully reduced to material parts without the loss of some significant attributes in the process. This attribute of complex system has led to a phrase that seems to have become a mantra for complexity research: "the whole is more than the sum of its parts" (Mikulecky D.C., 2001). De Landa also writes about it „...due to the reason that from certain combinations derive newly established *emergent attributes*, i.e. properties of the combination as a wholeness that are often more than the sum of attributes of their individual parts. Therefore, if we put into parts the wholeness and then try to make a model by adding components, we will not entangle any characteristic that emergently appeared from the complex interaction, since their contribution can be multiplicative (for example mutual upgrading) and not only additive (De Landa M., 2002).

The way the linear causal thinking – or as Holling and Meffe called it *command* and *control* (Holling C.S., Meffe G.K., 1996; cited in Hjojrth P., Bagheri A.; 2006) solves problems is either through control of the processes that lead to the problem or through amelioration of the problem after it occurs. For Hjojrth and Bagheri (2006), this paradigm implicitly assumes that the problem is well bounded, clearly defined, relatively simple and linear with respect to cause and effect. Managing the environmental problems when problems already appear "is actually a phenomenon of no-governing and hard-governing. What originates this situation is the lack of wholeness and complex thinking" (Wulun J., 2007)³⁵. With respect to complexity as such, the concept of *command* and *control* is renounced, it is exchanged by the *shared governance* which involves numerous actors (share of responsibility). The strict hierarchy and linearity are exchanged by the new relations between numerous actors at different levels (tissue and network of interactions).

The shift from the traditional to the contemporary worldview demands the change in thinking. According to Dent (1999) it is necessary and unavoidable. Besides, the conclusions that if we still aim to develop and improve in this world we have to correct some of our deepest mental models about the world and about our interaction with the nature sound very logical³⁶. The most necessary move, emphasizes the author relates to the shift in thinking so that the complexity science is seen as a "normal" science³⁷. The key for

³⁴ Cartesian conception received its place in geography during the sixties and seventies years of the last century, within the theory of anthropogenesis of the landschaft (Radosvaljević R., Radovanović M., 1990).

³⁵ By the subtitle "*Unite the separated in mind: postulate on causality*" Beck emphasizes that the statements on vulnerability can never be reduced to simple knowing the facts. The risks of modernization due to its structure cannot be enough interpreted according to the principle of causing. In the risks of modernization that are "by the content, concrete, spatial and timely completely different causally are collected and thereby brought into the social and legal context of responsibility", but as we know, the author continues... "the postulates on causality slide away from our observation, they are theory. *They always have to be imagined, presumed to be true, to believe in them*" (emphasized by D.M.). One who insists on strict causality "denies the reality of relations, which due to this fact do not exist nothing less" (Beck U., 2001).

³⁶ We have come across the brilliant quote by A. Einstein in numerous literatures: We can't solve problems by using the same kind of thinking we used when we created them. We must learn to see the world".

³⁷ As it is known, by the concept on *science revolution* T.S. Kuhn, emergence of the new paradigm presumes disappearance of the old that cannot offer answers to the complex issues and likewise it is replaced.

complexity is the idea of *emergency*³⁸ as a process “arising of novel and coherent structures, patterns and properties during process of self-organization in complex systems” and “emergent phenomena that are conceptualized as occurring on the macro level, in contrast to the micro-level components and processes from which they arise” (Goldstein J., 1999). Therefore, the influences from the micro level system (components) to macro level (wholeness) derive from interaction of their components. Interaction produces feedback from which the actual condition of system directly or indirectly influences its future conditions, what we led by our narrow and limited aims (and interests) are not aware of or do not want to be. The system characteristics result from dynamic interactions among the system components. They enable evolution and lasting of the emergent systems, such as the socio-biophysical or coupled natural and social system.

For Cooksey (2001) *complexity science* is focused on three key points: dynamic change over time, the interplay and balance between negative system-stabilizing feedback and positive system-destabilizing feedback, and fundamental limits to the predictability of behavioral systems³⁹. It has grown out of a general lack of satisfaction with traditional scientific practices and their failure to find a way of capturing anything but a shadow of complex reality (Mikulecky D.C., 2001). Comprehension of the reality is sometimes so simplified and partial that completely loses complex phenomenon that it emanates. For Holling (2001) this meant that a theoretical framework and process for understanding complex systems process must satisfy the following criteria: a) be “as simple as possible but no simpler” than is required for understanding and communication; b) be dynamic and prescriptive, not static and descriptive; c) embrace uncertainty and unpredictability, surprise and structural change are inevitable in systems of people and nature. Complexity of living systems of people and nature emerges not from a random association of a large number of interacting factors rather from a smaller number of controlling processes (Holling C.S., 2001), from the complex links and interactions of biological, socio-historical and spatial-geographic conditions and facts. A science focused on interactions and feedbacks seems particularly appropriate for scientific inquiry into how humans (socio-economic system) are coupled to the natural environments in which they are situated in dynamic stochastic system, particularly when reductionist science has provided insight into how the individual pieces of these complex puzzles operate (Bennet D., McGinnis D., 2008).

The research of complexity demands a new frame and that is a new way of thinking, known as the *complex thinking*. What is characteristic for this new way of thinking? It means rejection of dissection, fragmentation and analysis of wholes into smaller and smaller parts (particles), towards integration, connectedness synthesis, and complementation. Emergentism replaced the blind reliance on exclusively linear and deterministic processes with non-linear and chaos processes. It turned from a belief in the indisputable objectivity and certainty of the scientific truth towards the recognition of the limits of scientific knowledge, to the need for a contextual view of reality, and the need to deal with uncertainties (Naveh Z., 2000). The turning point in development of the scientific thought was generated by the new inventions of Einstein and quantum physic that were contrary to the view of Newton’s physic. The theory of relativity was the first significant indication in physics about the need to reconsider mechanistic order. As the tacit assumptions of mechanism spread over the science that came from, so the tacit assumptions about the order of reality like “indivisible wholeness” could have broader influence (Tangyin K.,

³⁸ *Emergens* - one that appears; *to emerge* - *emergent phenomena*. Therefore the terms emergentism that in the new epistemology marks the approaches to the theory of cognitions based on the idea of the phenomenon complex organized structures derived from the mass interactions of the big number of simple elements and *emergentics* that determines the characteristics of the system that have not been in any of its elements.

³⁹ The complexity theory has preoccupied the scientific public from different fields since the 80ties of the last century. More about complexity theory: *Emergence*, 3(1), 2001.

2005). If, we instead of thinking in terms of separate entities and powers that rule in their interactions, start thinking in terms of the fundamental wholeness that covers and connects all building elements, such way of thinking will determine new approaches to the environment. Post-modern sciences converge into the new epistemological paradigm – *ecological perspective*; widely understood as “recognition of the fundamental interdependence of all phenomena and built individuals and societies into the cycling forms of the nature” (Capra F., 1988; cited by Sokal, N., 2002)⁴⁰.

Review of the complexity theories – structure of different concepts or typology in approach to complexity is given by Manson (2001). A special emphasize is put on the research of three classes of complexity: *algorithmic complexity* (*mathematical complexity theory and information theory*), *deterministic complexity* (*chaos theory and catastrophe theory*) and *aggregate complexity* concerns how individual elements concretely work to create systems with complex behavior (Manson S., 2001). We will deal with the aggregate complexity since “it is relevant and particularly interesting for the geographical researches” (O’Sullivan D., 2004). It implies that from the local spatial configuration elements and interactions between elements (natural and anthropogenic) derive output results at the level of the whole system. According to N. Trift “complexity is a body of theory that is preternaturally spatial, whereas previous bodies of scientific theory were equally concerned with temporal progression, complexity theory is equally concerned with space (Trift N., 1999).

Space is a complex tissue of the natural, social, economic, political and other relations that spatially structure and configure over the time. As said, complexity science is concerned with simultaneous spatial and temporal dimension of systems. Much has been written about the general privileging of temporal change over spatial variability both in the natural and in the social sciences. Complexity theory by O’Sullivan *et al.* (2006) remains focused on time because it defines and is defined by various kinds of change: learning, evolution, emergence, bifurcation, dissipation, chaos, and self-organization. As stated by authors complexity science is “embracing spatial analysis to the potential benefit of complexity researchers”. The interactions of the system elements depend on spatial structure order and then they influence the evolution of the spatial structure (forming a new structure) It is known that the relation between the spatial configuration/spatial applications and processes is a subject of interest for the spatial sciences. The importance of spatial configuration (configuration of appearances and processes) in complexity science should lead to recognition that not only is system evolution path dependent, but it is place dependent, something that has been well known in spatial sciences (O’Sullivan D. *et al.*, 2006). For understanding and management the dynamic of relations between human and the environment, where time and space are unbreakable linked, the integral approach at relation “space-time” is of the essential significance (Massey D., 1999). In spite of the schematic handling of space, the claim of an affinity between geography and complexity science is warranted (O’Sullivan D., 2004)⁴¹.

The complex systems approach covers organizational, spatial and time coupling between the human and natural systems. According to Manson (2001), aggregate

⁴⁰ More about philosophical standpoints of F.Capra и C. Bohm at: Vojković G. (2007). The author accepts philosophical standpoints about non-divisibility, order, dynamic of wholeness, focuses on processes and other criteria of the new way for observation the reality. Some of the characteristics of the post-modern science according to N. Sokal (2002) are: stress on non-linearity and discontinuity; further, post-modern science deconstruct and go beyond the Cartesian metaphysic distinction between human and the nature, observer and the observed, subject and object; abandons static ontological categories and hierarchical characteristics of the modern science; instead of atomism and reductionism, the new sciences emphasize dynamic network of relations between the wholeness and components, etc.

⁴¹ About relation between geography and complexity theory (emergence) see: Manson S.M., O’Sullivan D. (2006); O,Sullivan D. (2004); O’Sullivan D. *et al.* (2006), Harrison S. *et al.* (2006).

complexity accepts holism and synergy that results from interactions among the system components. For its understanding it is necessary to research the key set of inter connected concepts that define complex system and that is: *relationships between entities, internal structure and surrounding environment, learning⁴² and emergent behavior, and the different means by which complex systems change and grow*. The heart of aggregate complexity lies in mutual action between the components. As Manson points out, it possesses many things as the general system theory, i.e. it shares antireductionism and holistic comprehension of the system inter-connectivity. What distinguish the complex theory from the general system theory, the author expresses in three points: *first*, complexity often concerns non-linear relationships between constantly changing entities, while system theory studies static entities linked by linear relationships defined by flow and stocks (e.g. of energy and information); *second*, the the system theory deals with quantity (flow quantity of energy and information) and not necessarily quality, contrary to the complexity theory that deals with qualitative characteristic; *third*, complexity research concerns how complex behavior evolves or emerges from relatively simple local interactions between system components over time; system theory assumes that system exists in equilibrium and therefore negates the need to examine changing relationships between system elements.⁴³ The complex researches confirm that systems possess emergent (synergic) characteristics that cannot be understood without the view on relations between sub-components. Although this idea was traced by Aristotle, Manson considers very important to emphasize that the complex research in connection with the study of ways in which the system changes/develops during the time due to interactions of its constitutional components. The value of the complexity theory exists in the eyes of those who support it. For some it is a passing fashion, for other a conceptual frame and for the rest a pioneer break with Newton's world that disappears (Manson S.M., 2001). The given review on complexity (phenomena that is researched) will probably have influence to the scientific practice, considers O. Sullivan (2004). Appearance of the first reductionistic step in that process is inevitable for the author. According to us, it is necessary to know the basic contentions and structural marks of natural and human systems but only as a function in understanding of important mutual relations of the subsystems. More extended considerations of complexity and complexity science and their implications are presented by Manson (2001) and O'Sullivan (2004).

We get back to the question of the complex thinking done by the systems and process thinking. Emblemståg and Bras (2000) emphasize that although the systems thinking is a major step in the right direction, but it is "insufficient in handling the increasing environmental problems of our planet"⁴⁴. It is believed that the process thinking is "better paradigm due to the profound importance of change". The systems thinking has not recognized the fact that the essence of life is in processes (it deals more with the relation between entities). Systems thinking focuses on *systems*, where a system is defined by relationships between objects and/or structures comprised of objects. Processes are thought of something that the system contains and are linked to each other by relationships. That

⁴² Feedback information (reaction) from the real world modifies the structure of our mental models in relation to the nature. Through the process of learning we become aware of the dynamics of relations in the system and their changes over time (feedback mechanism).

⁴³ The open, complex, non-linear systems with the feedback possess capability of self-organization. Concentrating on the system condition research of so called thermo-dynamic equilibrium, the traditional science affirmed that if the system is moved from such condition, as a result of the positive feedbacks, then it can come in the condition of disintegration. However, the complex systems possess dissipative structure and have capability to renew through the self-organization (dissipative activity is realized as part of creation of the new structure). Moving outside the equilibrium, these systems are capable to self-organize and achieve a new type order, evolving towards the higher complexity ("order from disorder and chaos").

⁴⁴ More about the general systems theory, system opinion and system approach to geographical space and environmental problems see: von Bertalanffy, L. (1972); Jackson, C.M. (2002); Grčić, M. (2008); Miljanović, D. (2007); Petrović, S.P. (2004); Radovanović, M. (1988; 1993/94) etc.

means that systems thinking focuses primarily on the *result* of the processes. By focusing on relationships, objects and structures, systems thinking implicitly assumes that everything is captured. That is not all, the authors are explicit, since the system thinking “does not recognize the importance of change over *time*” (Manson’s opinion, too). Process thinking is therefore a better paradigm because it incorporates systems thinking and in addition focuses more explicitly on *all* aspects of reality *processes, relationships, objects and structures* - process being the basis; the one-ness (Emblemsvåg J., Bras B, 2000).

Talking about the shift of paradigms or the replacement of the traditional worldview with the emergent (Dent B., 1999), “shifts are not as clear-cut and the old is always enfolded implicitly within the new” (Peat D., 2007). In today’s science and especially practice, “the most present way is disguised “mechanistic” approach (Vojković G., 2007). In “turning to complexity” many authors particularly stress the need for change of our mental models in relation between human (society) and the nature. In disputes on conceptions of relations between the nature and the human beings Glaser (2006) presents a review of “mental maps” (“maps of mind”) which represent mental constructs about the analyzed relations of these two variables. It starts from the eco, i.e. anthropocentric approach, goes over to interdisciplinary approach and ends by the approach on complex systems. Strictly evaluating the values and domains each of them, the author created critical space which problematises exclusion and limitation of unity between the nature and a man, i.e. the place of social dimension in ecosystem management. According to Glaser (2006) the disfunctional reductionism of eco-and anthropocentric mind maps and the weak capacity of interdisciplinary mind maps to analyse intersystem and cross-scale linkages is only overcome by complex system approaches. Cumming and Collier explain most explicitly the significance of the mental constructs: saying that our maps “...determine the data that we collect, the questions that we consider “interesting” and the ways in which we change our views of the world to accommodate new results” (Cumming G.S., Collier J., 2005). Dee Roo also has his view. Namely, way in which environmental/spatial conflict is perceived has implications for the way in which it is defined and for its complexity, and therefore determines form of decision-making (Dee Roo G., 2003). A man always tries to reduce the complexity and multi-dimensionality of the problem that has to be solved. What may be more appropriately described as a messy problem situation is often compressed into a description of a “well-defined problem with simple cause - effect relationships” (Pahl-Wostl C., 2007).

Properties of the complex systems

One of the properties of the complex system⁴⁵ is *multi-scalarity* offering the system a high degree of “*distributed*” coherence⁴⁶. *Openness* (or *non-isolation*) is a feature related to *dissipative structure of the system*⁴⁷, it is in the constant interaction and exchange of energy, matter and information with their environments. These attributes, in combination with *non-*

⁴⁵ Review is done on basis of more sources: Arshinov V., Fuchs C. (eds.) (2003); Galopin G.C. *et al.* (2001); Goldstein J. (1999); Martin R., Sunley P. (2007).

⁴⁶ In the connected natural and social systems, human and nature reciprocally enter into the interaction through different organizational levels and establish complex tissue of interactions (Liu J., *et al.*, 2007b).

⁴⁷ Ily Prigogine, Belgian chemist and physician is the creator of the term “dissipative structure”. This term explains narrow connection between the structure and the order on one side and dissipation on the other. When the critical point of fluctuation in the system is reached (*the point of bifurcation*), when at the glance it is the most inconsistent and in the biggest disorder, it can suddenly “jump” into a new, stable regime (new structure), that is not shown before but existed as one of its numerous possibilities. Dissipative structures are the “islands of order in the sea of disorder” maintaining and growing its order in a way to increase the disorder of its external surrounding. The theory of dissipative structures can be applied to forests, towns, environment, settlement, etc. About the scientific results of I. Prigogine and his colleagues (I. Stengers и G. Nicolis) read more: Tangyin K. (2005); Grčić M. (2005, 2008, 2009a).

linear dynamic which arising from the mutually reinforcing feedbacks among a complex system's components, the result is an *irreversibility* of *change* and tendency towards trajectory (path) and behavior of the system as a result of not the present state only but also of the events that have happened in the past (*path dependence*). It means that the decisions we take today limit the future possibilities (!?). The complex systems are *non-linear systems* in the sense that many connections (relations) between their components are non-linear, so that the size of effects is not proportional to the size of causes and behavior is very different⁴⁸. Within the self-organizing system there are *feedbacks (loops)* and *circled causality*. In the analyses of non-linearity, positive feedbacks are especially significant as an opposition to the negative feedbacks (Hjorth A., Bagheri A., 2006). *Self-organization* is a phenomenon in which interactive components cooperate in creation of the coordinated structures and a higher degree behavior⁴⁹. At the same time, the openness of the system implies action of the external fluctuations and perturbations, such forces cause shift into the new regime. It means, the path to complexity is closely linked to *bifurcation* into the new trajectories (paths)⁵⁰. Just because of the inherent connection, non-linearity and openness, complex systems offer *limited functional decomposability*, meaning that overall (macro level) functioning cannot be derived from knowledge the function of its subcomponents but from the patterns and nature of interactions. Self-organization may exist only if system accepts energy (*openness as a capacity*) that is transformed within the system, and the release of energy is result of that. The entropy is reduced by self-organization. The basic premise for *self-organization* is the existence of *non-linear feedback*. Complex systems spontaneously establish new order, creating new structure, forms (shapes) of behavior and new properties. *Emergency* is the basic quality of the self-organized systems. It derives during the productive interaction between entities (qualitative new characteristic). It is necessary in emergency to distinguish the relation difference of *macro-micro level*. Levels enable conceptual separation of emergent behavior on one side and interactions on the other side (De Haan, J. 2006). Objects and interactions that cause behavior are inhabited at the lower and emergent behavior at the higher level (*bottom-up emergence*). Due to the all mentioned properties, complex systems are basically *non-deterministic*. Even if we have complete information about the functions and connections that exist among the system components, that does not enable precise anticipation of its behavior. Finally, complex systems are by nature *stochastic* which in great measure aggravate management of such systems.

The mentioned properties of the complex systems come to expression in the regions where intensive interaction between the nature and the human is done and which is..."metachronous, disproportional and with the bigger acceleration of process" so that "stochastic behavior of such systems becomes its basic characteristic..." (Radovanović M.,

⁴⁸ Similar causes might have different effects and on the other side different causes might have similar effects, causes might interactively act in a complex way and produce unexpected effects.

⁴⁹ About theories of self-organization more in: Gryzbowski A.G.S., Sclocombe D.S. (1988).

⁵⁰ In the evolution of socio-cultural systems the changes might be *adaptational* and *bifurcational*. *Adaptational type of evolution* of relation between the natural environment and socio-cultural systems is characterized by relative stability that enable development of certain scientific forecast, providing that there are not external disturbances. In *bifurcation type* demographic system passes different levels of threshold, which is connected with destruction of its previous structure and organization. At bifurcational level trajectory of the demographic process (as the process of genesis and evolution of the demographic system) is not determined and irreversible. Bifurcational type of evolution confirms that the development of biosphere and socius is not constant. While in nature the rhythm, dynamic and cycling of processes and appearances is done under relatively stable regime of expended energy, matter and information, in the society is this regime of development more changeable and with one permanent tendency of the exponential enlargement of its "expanded" part. As a whole, the stability of the complex systems is determined by the balance between integrative connections and fluctuations that take it from the balance. In the point of bifurcation the procedure for the selection of "path" of evolution starts, caused by even small fluctuations (Grčić M., 2008).

1993/94). The coverage of the complexity and dynamics of human and nature interactions (coupled natural and human systems) is of exceptional importance because the (non)success of management policy of this complex and dynamic systems depends on it (Liu J. *et al.*, 2007b).

So called “complexity dictionary” derived from the properties of the complex systems is connected to the theory of complexity (Lissack M., 1999). It contains the following terms: emergency, systems dynamic, self-organization, dissipative structure, indivisibility, holism, non-linearity, mutual causality, state far from balance, bifurcation etc. These terms replace reductionism, mechanicism, dualism, linear causality and other terms.

The results of the research published in work by Liu *et al.* (2007a) confirm the existence of a strong connection between complexity and interdisciplinary and also confirm that they are achievable. The given case studies from the whole world point out that the complexity level derives from interactions of biological, socio-historical, socio-economic, spatial-geographic conditions and factors (spatial variability) i.e. that it varies across space, time and organizational units. Six case studies exhibit all mentioned properties of the complex system (non-linear dynamic with thresholds, reciprocal feedback loops, surprises in system’s behavior, heterogeneity, resilience, etc.). The realized complex interactions between the natural and social environment from the past influence the present conditions and the future possibilities (time dimension). Monitoring changes in behavior of the analyzed complex (geographical) systems realized through the research variables that link natural and social elements by application of different techniques and tools from ecological and social sciences as well as other disciplines such as modeling (mathematical and statistical models, computer simulation models), GIS and remote sensing, etc. Data progression for the longer time periods enabled monitoring of the time dynamics in the systems of the high level complexity. All stated is realized by the interdisciplinary team comprised of the natural and social science scientists gathered around the mutual question (including a geographer: geographic information systems).

Conclusion

The explanation of properties of the complex systems confirms that the integral natural and socio-economic systems accomplish very complex territorial entities (the most complex and most dynamic natural-social system category) that can be understood only on the grounds of their mutual interactions, which excludes mechanistic approach. Namely, the wholeness and components of the complex systems might be understood in categories of new relations of the wholeness and components and interactions between components. The nature of complex systems changes permanently, new structures are formed and new properties of the dynamic interactions which implies dynamic management system. We have to understand the properties of the system through the process of occurrence and not merely its existence. The deeper understanding of process is necessary, since despite the delay in reactions that can be material or information delay (changes do not happen simultaneously with their start, but certain time is necessary for them), reactions are manifested in a specific way (for us always as a surprise!). Therefore, from the methodological stand point, problems in further development, management of the environment and creation of the adjustable relation between the people and nature might be solved by the use of complex approach based on the ecological principles.

As Arshinov and Fuchs (2003) point out, during the last two decades an increasing body of scientific literature on topics of emergence has emerged that taken together represents a huge shift of focus in science: from structures and states to processes and functions; from self-correcting to self-organising systems; from hierarchical steering to participation; from conditions of equilibrium to dynamic balances of non equilibrium; from

single trajectories to bundles of trajectories; from linear causality to circular causality; from predictability to relative chance; from order and stability to instability, chaos and dynamics; from certainty and determination to a larger degree of risk ambiguity and uncertainty; from reductionism to emergentism and from being to becoming. We consider this work as our small contribution. Certainly the idea needs deeper observations in accepting the “novel” way of thinking and understanding of the complex systems, such as the human-environment system.

References

See references on pages 122