



## BIBLIOMETRINIŲ TINKLŲ GRAFINIO ATVAIZDAVIMO ĮRANKIAI

Gintarė Tautkevičienė

*Kauno technologijos universitetas,  
K. Donelaičio g. 20, LT-44239 Kaunas, Lietuva  
El. paštas gintare.tautkeviciene@ktu.lt*

Įteikta 2011-09-06; priimta 2011-12-02

**Anotacija.** Mokslinių publikacijų ir jų citavimo duomenų bibliometrinė analizė leidžia atlikti kiekybinių mokslo tyrimų vertinimą. Gauti rodikliai gali būti naudojami bibliometriniam tinklams rengti. Jų grafinio atvaizdavimo rezultatas – bibliometriniai žemėlapiai, kurie pateikia analizuojamų elementų struktūrą ir ryšius tarp publikacijų metaduomenų (autorių, institucijų, reikšminių žodžių, mokslo kategorijų, cituojamų šaltinių ir kt.), taip pat parodo jų ryšių stiprumą. Sukurta daug universalių ir specializuotų tinklų grafinio atvaizdavimo programų, leidžiančių vizualizuoti analizės rezultatus. Šiame straipsnyje pristatomi pagrindiniai bibliometrinės analizės rodikliai, grafinio atvaizdavimo etapai, supažindinama su programomis *Pajek* ir *VOSviewer*, kurios gali būti naudojamos bibliometriniam tinklams kurti ir grafiškai atvaizduoti.

**Reikšminiai žodžiai:** bibliometrinė analizė, grafinis atvaizdavimas, bendradarbiavimo tinklai, citavimų analizė.

### Įvadas

Mokslinių publikacijų bibliometrinė analizė atliekama siekiant kiekybiniais metodais įvertinti mokslinius tyrimus. Bibliometrinis vertinimas grindžiamas prielaida, kad dauguma mokslinių tyrimų rezultatų publikuojami mokslo žurnaluose ir kad mokslo publikacijos skaitomos ir cituojamos kitų mokslininkų (Rehn, Kronman 2008). Vertinamasis bibliometrijos aspektas remiasi požiūriu, kad kiekybinis mokslo sistemos kokybinių aspektų matavimas (van Leeuwen 2004) ir žurnalo straipsnių citavimų skaičius atspindi straipsnio daromą įtaką mokslo bendruomenei ir mokslo vystymuisi. Bibliometrinės analizės būdu gauti rodikliai leidžia analizuoti mokslinės veiklos funkcijas, procesus ir rezultatus. Galima įvertinti šalies, institucijų, padalinių mokslinės veiklos situaciją, palyginti mokslo rezultatus su kitomis šalimis ar institucijomis, prognozuoti tam tikras mokslo vystymosi tendencijas (Grauwin, Jensen 2011). Bibliometrinė publikacijų analizė taip pat leidžia nustatyti produktyviausius tam tikros mokslo šakos mokslininkus ar mokslines bendruomenes.

Mokslo publikacijos duomenų analizė yra galima pagal vieną arba pagal keletą kriterijų. Pavyzdžiui, siekiant išsiaiškinti produktyviausius konkrečios mokslo srities autorius arba organizacijas, analizė atliekama derinant autorių vardus arba autorių

prieskyras ir reikšminius žodžius. Taip pat galima nustatyti, kokie įvairių mokslo krypčių autoriai atlieka bendrus mokslinius tyrimus ir rengia bendras mokslo publikacijas, t. y. galima identifikuoti institucijose arba už jos ribų esamus bendradarbiavimo tinklus arba prognozuoti galimų tinklų atsiradimą.

Kognityvinių-epistemologinių struktūrų bibliometrinė analizė tradiciškai remiasi ryšiais tarp cituojamų duomenų (pvz., susijusios publikacijos, bendrų citavimų analizė) ir publikacijų teksto analizės (pvz., bendrų terminų analizė, terminų atvaizdavimas) (Glanzel, Thijs 2011). Rengiant bibliometrinius žemėlapius analizė gali būti atliekama mikro- (individualaus mokslininko), mezo- (institucijos) ir makro- (šalies) lygmenimis. Tam tikros mokslo krypties, šakos ar tematikos žemėlapių analizė taip pat gali būti atliekama tarptautiniu lygmeniu.

Mokslo publikacijų citavimų analizės būdu nustatyti institucijų ir mokslininkų bendradarbiavimo tinklai grindžiami įvairių rodiklių skaičiavimu. Grafiniam parengtų tinklų vaizdavimui gali būti naudojamos universalios ar specializuotos bibliometrinių tinklų kūrimo programos. Šiame straipsnyje pristatomi bibliometrinių tinklų analizės rodikliai ir jų grafinio atvaizdavimo įrankiai.

## Bibliometrinių tinklų analizė

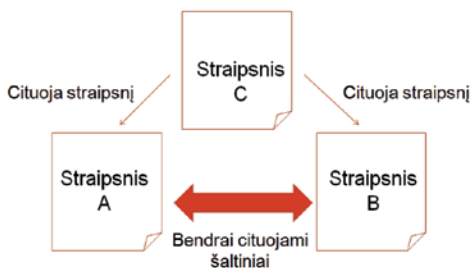
Vykdam bibliometrinę analizę dažniausiai nustatomi ryšiai tarp cituojamų ir cituojančių šaltinių. Analizės objektas gali būti bendrais cituojamais šaltiniais susiję mokslininkai, tam tikrą tematiką gvildenantys ir bendradarbiaujantys mokslininkai, rengiantys bendras publikacijas, analizė gali būti atliekama individualių mokslininkų arba institucijų, padalinių lygmenimis ir kt. Jeigu bibliografiniai įrašai įtraukia ir citavimo duomenis apie cituojamus arba cituojančius šaltinius, tuomet galima parengti cituojamų šaltinių žemėlapius, nustatyti dažniausiai cituojamas publikacijas, autorius, žurnalus, išskirti bendradarbiavimo tinklų klasterius (Waltman *et al.* 2010).

Ryšiai tarp cituojamų šaltinių nusakomi dviem pagrindiniais rodikliais: bendrai cituojamos publikacijos (angl. *co-citation*) ir susijusios publikacijos (angl. *coupling*) (Rehn, Kronman 2008).

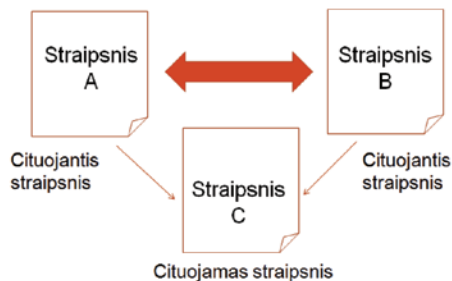
Duomenų bazės, kuriose pateikiami cituojamų šaltinių duomenys, leidžia analizuoti ryšius tarp mokslo publikacijų. Du šaltiniai yra bendrai cituojami šaltiniai, jeigu jie kartu yra cituojami trečiojo šaltinio (1 pav.). Bendrai cituojami šaltiniai nustatomi analizuojant cituojamų šaltinių sąrašą, bendrai cituojamų publikacijų analizė gali būti atliekama straipsnių arba mokslo žurnalų lygmenimis (Boyack 2009). Siekiant nustatyti bendrai cituojamus straipsnius ieškoma straipsnių, kuriuose cituojami ir į literatūros sąrašą įtraukiami tie patys straipsniai. Analogiškai nustatomi žurnalai, kuriuose cituojami ir į literatūros sąrašą įtraukiami tie patys žurnalai. Taigi analizę atliekant ne tik straipsnių, bet ir žurnalų lygmeniu, nustatomi bendros tematikos žurnalai.

Susijusių publikacijų analizė leidžia nustatyti publikacijas, kuriose cituojami ir į savo literatūros sąrašus įtraukiami tie patys šaltiniai (2 pav.). Šis terminas 1963 m. buvo pristatytas Kessler. Daroma prielaida, kad tos pačios mokslo krypties publikacijose

cituojamoms esminėms tos tematikos publikacijoms. Kuo panašesnė publikacijų tematika, tuo panašesnis jų literatūros sąrašas (Rehn, Kronman 2008). Atlikus cituojamų šaltinių paiešką, galima rasti naujausias, dar necituotas publikacijas, kuriose taip pat cituojami tie patys šaltiniai.



**1 pav.** Bendrai cituojamos publikacijos  
**Fig. 1.** Co-cited publications



**2 pav.** Susijusios publikacijos  
**Fig. 2.** Bibliographical coupling

Atliekant bendros veiklos rezultatų (angl. *co-occurrences*) analizę, nustatomos autorių bendrai rengiamos publikacijos (angl. *co-publication*) ir nustatomi publikacijose bendrai vartojami reikšminiai žodžiai ar dalykiniai terminai (Rehn, Kronman 2008).

Bendros publikacijos nustatomos naudojant duomenų bazių bibliografiniuose aprašuose pateiktus autorių duomenis. Reikšminių žodžių analizė atliekama nustatant publikacijose vartojamus tuos pačius terminus ir nustatant jų kartojimosi dažnumą.

Vienas šios grupės bibliometrinių rodiklių – bendraautorystė (angl. *co-authoring*). Šios grupės rodikliai naudojami siekiant parodyti analizuojamų padalinių, mokslo krypčių ar autorių bendros mokslinės veiklos apimtį, kurios išraiška – mokslo straipsniai. Išskiriama keletas bendradarbiavimo rūšių:

- tarptautinis bendradarbiavimas, kai mokslo publikacijos rengiamos bent dviejų skirtingų šalių autorių;
- bendradarbiavimas tarp šalies institucijų mokslininkų, kai mokslo publikacijos rengiamos autorių, atstovaujančių bent dviem skirtingoms organizacijoms šalyje;
- bendradarbiavimas tarp padalinių, kai mokslo publikacijos rengiamos bendradarbiaujant bent dviejų padalinių autoriams toje pačioje organizacijoje.

Bendradarbiavimas tarp atkirtų padalinio vienetų vyksta, kai publikacijų bendraautoriai atstovauja keletui smulkesnių padalinio vienetų (pvz., katedrų, laboratorijų ir pan.).

Skaičiuojant šį rodiklį analizuojamas publikacijų, parengtų bendradarbiaujant su kitais mokslininkais, skaičius per tam tikrą laiko tarpą. Skaičiuojamas santykis  $p_x = P_x / P$ , čia  $p_x$  – bendraautorystės su kitais padaliniais rodiklis;  $P_x$  – publikacijų, parengtų su kitais autoriais, skaičius;  $P$  – bendras padalinio autorių parengtų publikacijų skaičius (Rehn *et al.* 2007).

Skaičiuojant bendradarbiavimo rodiklius svarbu naudoti patikrintus ir sutvarkytus publikacijų duomenis, kuriuose tinkamai nurodomi autorių atstovaujami padaliniai ir institucijos.

## Bibliometrinių tinklų grafinis atvaizdavimas

Atlikus duomenų analizę, siekiant aiškiai ir suprantamai atvaizduoti duomenis naudojami programos, leidžiančios grafiškai pateikti analizės rezultatus. Vizualizavimas, arba grafinis atvaizdavimas, padeda nustatyti ir pateikti egzistuojančių ryšių struktūrą.

Bibliometrinių tinklų (angl. *bibliometric networks*) grafinio atvaizdavimo rezultatas – bibliometriniai žemėlapiai, kurie pateikia analizuojamų elementų struktūrą ir ryšius tarp publikacijų metaduomenų (autorijų, institucijų, reikšminių žodžių, mokslo kategorijų, cituojamų šaltinių ir kt.), taip pat parodo egzistuojančių ryšių stiprumą (Bauren 2011).

Bibliometrinių žemėlapių grafinį atvaizdavimą sudaro trys etapai:

- duomenų gavimas;
- duomenų parengimas analizei;
- grafinis atvaizdavimas.

Atliekant cituojamų šaltinių analizę didelė dalis darbo sėkmės priklauso nuo pradinio analizės etapo – duomenų gavimo ir jų sutvarkymo analizei.

## Duomenų gavimas

Bendradarbiavimo tinklų žemėlapių kūrimo duomenys gali būti gaunami iš bibliografinių ar visateksčių duomenų bazių, leidžiančių importuoti pagrindinius duomenis apie autorius ir publikacijas. Rengiant cituojančių arba cituojamų šaltinių žemėlapius, duomenys turi būti imami iš duomenų bazių, pateikiančių citavimo duomenis. Jeigu duomenys importuojami iš citavimo duomenis pateikiančių duomenų bazių, tuomet galima atlikti ne tik bendradarbiavimo tinklų, bet ir bendrų citavimų analizę. Atliekant citavimų analizę duomenys dažniausiai imami iš *Web of Science* duomenų bazės, nes ši duomenų bazė ne tik pateikia citavimų duomenis, bet ir yra visame pasaulyje pripažįstama kaip aukštos kokybės publikacijas indeksuojanti bibliografinė duomenų bazė. Iš šių duomenų bazių į specializuotas programas įkeliami pagrindiniai ir papildomi metaduomenys: autoriaus pavardė, prieskyra (šalis, institucija, padalinys), žurnalo pavadinimas, dalykiniai terminai, reikšminiai žodžiai, cituojami šaltiniai, cituojantys šaltiniai, dokumento tipas, publikavimo metai ir kt.

Itin atidžiai turi būti formuluojama publikacijų paieškos užklausa. Atliekant konkrečios institucijos publikacijų analizę reikia numatyti analizuojamų duomenų laikotarpį, visus galimus institucijos rašymo variantus. Gana dažna problema – analizuojami duomenys, pvz., institucijos pavadinimas, rašomi skirtingai, t. y. gali būti 3–5 skirtingi tos pačios institucijos pavadinimo rašymo variantai. Panašiai yra ir su autorių duomenimis – gali būti keli pavardžių rašymo variantai arba skirtingi autoriai gali turėti vienodas pavardes, inicialus ar vardus. Todėl siekiant analizės tikslumo labai svarbu kruopščiai atlikti duomenų paieškos, atrankos ir išsaugojimo ar importavimo į duomenų apdorojimo programas procesus.

## Duomenų parengimas analizei

Didžiausias darbas ir atsakingiausias bendradarbiavimo tinklų žemėlapių rengimo etapas – duomenų parengimas grafinei analizei. Tam naudojamos specialios programos, suteikiančios galimybę duomenis importuoti iš duomenų bazių ir parengti juos grafinei analizei, pvz., *WoS2PAJEK*, *Bibexcel*. Šios programos atitinkamai parengia ir suformuoja tinklų, vektorių ar klasterių failus, kurie vėliau naudojami bendradarbiavimo ir citavimo žemėlapiams kurti.

Viena plačiausiai paplitusių programų, kuria duomenys parengiami grafinei analizei, yra *Bibexcel* programa. Šios programos kūrėjas – Olle Persson (Umea universitetas, Švedija). *Bibexcel* programa naudojama bendrų publikacijų analizę atlikti, pvz., rengiant autorių pavardžių ir bendras publikacijas rengiančių autorių sąrašus. Programa suderinta su kitomis programomis, kurios leidžia duomenis koreguoti, analizuoti ar juos grafiškai atvaizduoti: *Pajek*, *Excel*, *SPSS* ir kt. (Rehn *et al.* 2007). Duomenys analizei gali būti gautami iš publikacijų metaduomenis pateikiančių duomenų bazių, pvz., *Web of Science*, *Scopus*, *Win/Spirs/Silverpatter*, *EndNote*, institucijų mokslo publikacijų duomenų bazių.

Analizei naudojami struktūrizuoti publikacijos įrašo metaduomenys, išsamiai aprašantys leidinį. Analizė atliekama pagal įrašo laukų kodus. Į *Bibexcel* programą įkeliamas tekstinis struktūrizuotų duomenų failas. Gauti duomenys leidžia parengti tinklo, klasterių ir vektorių failus, kurie gali būti naudojami tolesnei analizei ir grafiniam atvaizdavimui tinklų grafinio atvaizdavimo programomis, pvz., *Pajek*, *VOSviewer* ir kt. (Persson *et al.* 2009).

Atliekant analizę parengiami elementų ir jų porų failai. Pavyzdžiui, atliekant mokslininkų bendradarbiavimo tinklų analizę parengiami autorių ir autorių porų failai, kurie naudojami kuriant žemėlapius. Siekiant parengti pagrindinę tinklo struktūrą ir nustatyti aktyviausius mokslininkus galima sumažinti analizuojamų duomenų kiekį, į analizę įtraukiant autorius, turinčius ne mažesnę kaip nustatytą publikacijų skaičių, pvz., tris ar penkis straipsnius. Tuomet pasirenkama, kad žemėlapyje bus pateikiami tik tie elementai, kurių analizuojamų elementų skaičius ne mažesnis kaip numatytas skaičius  $n$  (pvz.,  $n = 3$ ), pvz., publikacijų, cituojamų žurnalų arba analizuojamų terminų skaičius yra ne mažesnis už pasirinktą skaičių  $n$ .

Rengiant duomenis analizei ypač atidžiai reikia žiūrėti į skirtingą pavardžių, institucijų pavadinimų rašymą ir prirėikus koreguoti duomenis. Duomenų koregavimą galima atlikti *MS Excel* programa.

## Bibliografinių tinklų grafinis atvaizdavimas

Parengtų duomenų grafiniam atvaizdavimui dažniausiai naudojamos dviejų tipų žemėlapių kūrimo programos, taikančios skirtingus duomenų analizės metodus, šiais būdais gautieji žemėlapiai įvardijami kaip atstumų ir grafiniai žemėlapiai.

Grafiniuose žemėlapiuose (angl. *graph-based maps*) ryšius tarp dviejų elementų (vektorių viršūnių) rodo linijos (briaunos). Atstumas tarp elementų nėra reikšmingas ir neperteikia ryšių stiprumo. Apskritimų dydis ir jo reikšmė nusako elemento svorį žemėlapyje, o linijos, jungiančios du elementus, storis ir skaičius rodo ryšių stiprumą.

Šio tipo žemėlapių trūkumas – sunkiau matomi ryšiai ir klasteriai. Ryšiams tarp elementų nustatyti taikomi Kamada ir Kawai, Fruchterman ir Reingold metodai. Šio tipo žemėlapiai gali būti rengiami naudojant *Pajek*, *CiteSpace*, *Network Workbench Tool* programas.

Atstumų žemėlapiuose (angl. *distance-based*) atstumas tarp dviejų žemėlapių elementų atspindi ryšių stiprumą, t. y. kuo mažesnis atstumas, tuo ryšiai tarp dviejų elementų stipresni. Taip pat lengva išskirti atskirus tinklo klasterius arba potinklius. Pagrindinis šio tipo žemėlapių trūkumas – iš dalies viena kitą dengiančios etiketės. Ryšiams tarp elementų nustatyti naudojami daugiamačių skalių, *VOS*, *VxOrd*, *Kopcsa* ir *Schiebel* metodai. Šio tipo žemėlapiai rengiami naudojant *VOSviewer*, *BibTechMon* programas (van Eck, Waltman 2010).

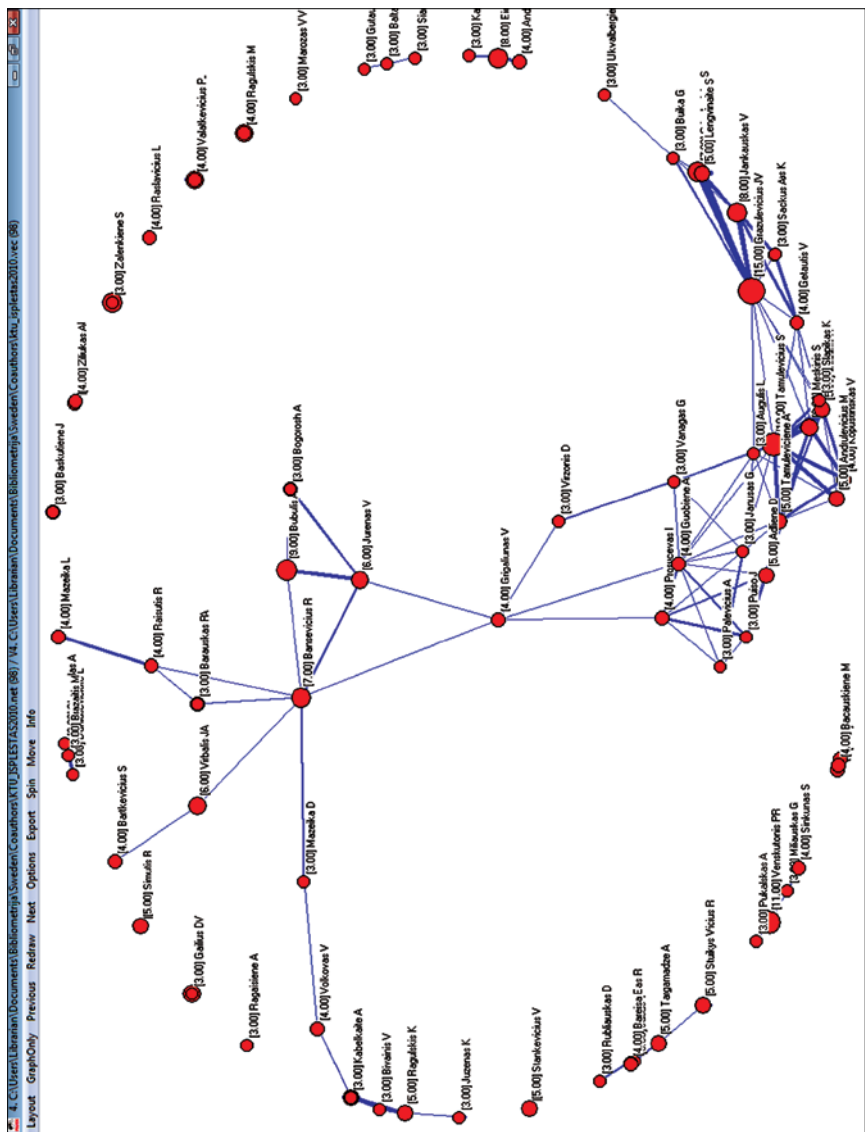
Kiekvienas aptartų grafinio atvaizdavimo būdų turi tam tikrų pranašumų ir trūkumų. Börner, Chen, Boyack (2003) išskiria du bibliometrijos žemėlapių aspektus: grafinių žemėlapių kūrimą ir grafinių jų atvaizdavimą. Dauguma bibliometrinius tyrimus vykdančių mokslininkų daugiau dėmesio skiria žemėlapių kūrimo metodams (Boyack et al. 2005; Van Eck, Waltman 2007), o grafiniam žemėlapių atvaizdavimui skiriamas mažesnis dėmesys. Didesnių problemų kyla tuomet, kai siekiama atvaizduoti daug elementų turinčius bibliometrinius žemėlapius. Sprendžiant šias problemas kai kurios programos (pvz., *Pajek*) analizuojant bibliometrinius žemėlapius eliminuoja mažesnę bendrų ryšių skaičių turinčius elementus. Kaip alternatyva bibliometriniams žemėlapiams atvaizduoti siūlomos programos, turinčius mastelio keitimo (angl. *zoom*), intensyvumo (angl. *density*) atvaizdavimo ir kt. funkcijas (Van Eck, Waltman 2010).

## Grafinių žemėlapių kūrimas *Pajek* ir *VOSviewer* programomis

*Pajek* programos paskirtis – universalių įvairaus tipo tinklų kūrimas. Programa skirta didelių tinklų, turinčių šimtus ar tūkstančius įrašų grafiniam atvaizdavimui, grupavimui į klasterius (Batagelj, Mrvar 2003). Ši nemokama programa sukurta 1996 m., jos autoriai – Slovėnijos Liubljanos mokslininkai Vladimir Batagelj, Andrej Mrvar (Liubljanos universitetas, Slovėnija). *Pajek* programa taip pat naudojama citavimams ir bibliometriniams tinklams grafiškai atvaizduoti.

Mokslininkų bendradarbiavimo tinklus *Pajek* programa vizualiai pateikia atsižvelgiant į autorių bendrai parengtas publikacijas. Viršūnės parodo konkretaus autoriaus publikacijų skaičių, o briaunos – bendrų publikacijų skaičių. *Pajek* programa atvaizduoja bendradarbiavimo mastą (angl. *degree*), kuris lygus autoriaus publikacijų su bendraautoriais skaičiui. Taigi, autorius turintis didžiausią su kitais bendraautoriais publikacijų skaičių, bendradarbiauja su daugeliu kitų autorių ir yra centrinis tinklo elementas (Batagelj, Mrvar 2008, 2011).

Programoje numatyta keisti atvaizdavimo charakteristikų parametrus (spalvas, šriftus, linijas, žymėjimus ir kt.). Sukurtus žemėlapius galima eksportuoti į kitas programas. Numatyta galimybė išsaugoti grafinius vaizdus darbui su kitomis programomis (pvz., *VOSviewer*).



**3 pav.** Nekoreguotas institucijos mokslininkų bendradarbiavimo tinklų žemėlapis (Pajek programa, KTU 2010 m. publikacijos, WoS duomenys)  
**Fig. 3.** The unadjusted co-authors network at the institution (Pajek software, KTU publications of 2010, WoS data)

Rengiant bendradarbiavimo tinklų žemėlapius šio tipo programomis, pagrindinė problema – analizuojamų elementų dengimasis (3 pav.). Sprendžiant šią problemą iš dalies vienas kitą dengiantys elementai atskiriami rankiniu būdu, o tai atlikus galima matyti visą mokslininkų bendradarbiavimo tinklą.

*VOSviewer* programos autoriai Van Eck ir Waltman (Erasmus Rotterdamo universitetas, nuo 2009 m. – Leiden universitetas). Duomenims atvaizduoti naudojamas VOS (angl. *visualization of similarities*) žemėlapių kūrimo metodas. Programa yra interaktyvi, numatytas klasterių atvaizdavimas, galimybė detalizuoti atskiras žemėlapių sritis. Programoje galimos keturios atvaizdavimo formos: etikečių, intensyvumo, klasterių ir sklaidos. Grafiškai atvaizduoja kitomis programomis parengtus žemėlapius (pvz., daugiamatį skalių metodu, *Pajek* programa). *VOSviewer* programa naudoja kitą duomenų atvaizdavimo schemą. Elementų apskritimo dydis ir etiketės raidžių dydis įvertina elementų svorį. Atstumai tarp atskirų žemėlapių elementų rodo ryšių stiprumą. Analizuojamas reikšmes apibūdina apskritimai ir etiketės – kuo svarbesnė reikšmė, tuo didesnis apskritimas ir užrašas. Pateikiamos tik pagrindinės reikšmės. Interaktyvus vaizdas leidžia išskirti potinklius (Van Eck, Waltman 2010).

## Bibliometrinių tinklų žemėlapių rengimo pavyzdžiai

### *Institucijos mokslininkų bendradarbiavimo tinklų nustatymas*

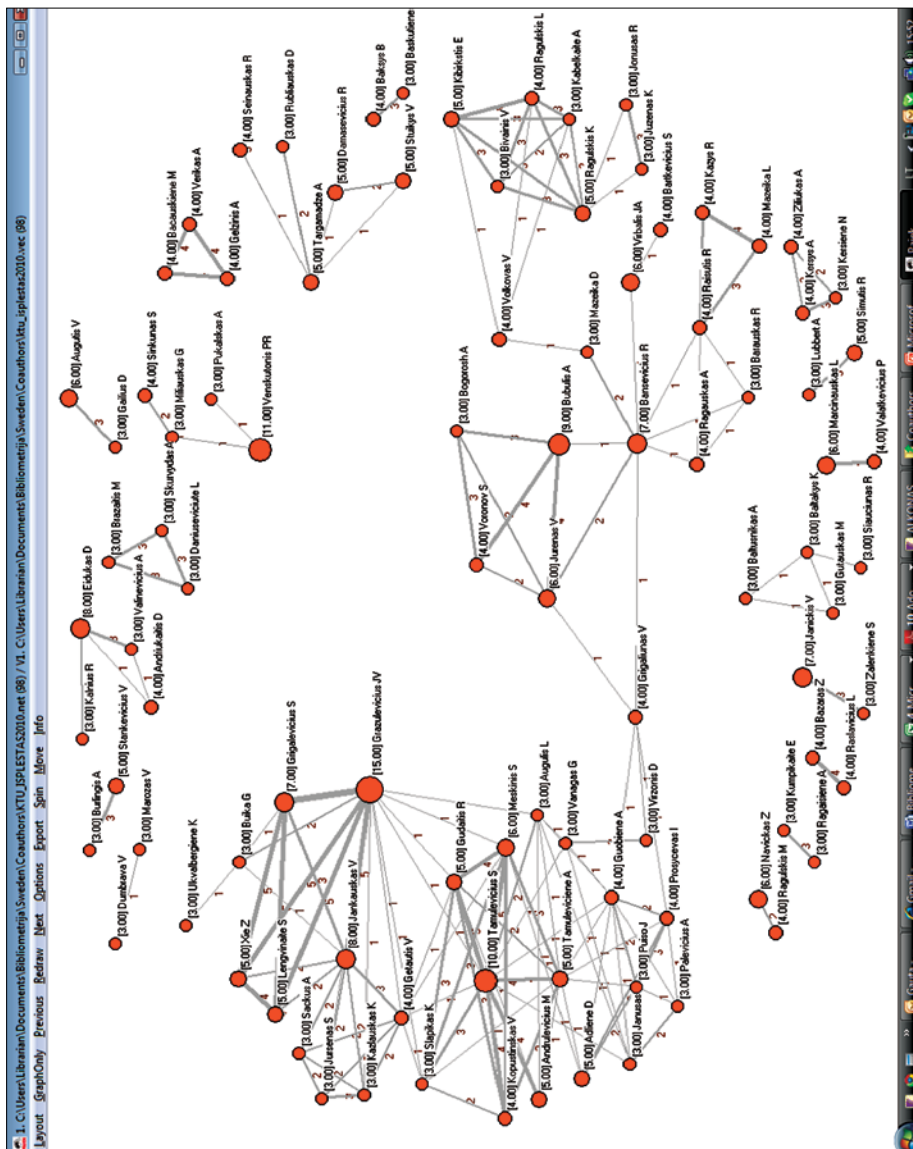
Institucijos mokslininkų bendradarbiavimo tinklai nustatomi analizuojant autorių bendrai publikuojamus straipsnius (angl. *authors co-citation*). Parengti žemėlapiai leidžia išvelgti ir įvertinti institucijos mokslininkų bendradarbiavimo ryšių apimtį, nustatyti produktyviausius mokslininkus institucijoje, identifikuoti atvirus ir uždarus bendradarbiavimo tinklus ir pan.

*Pajek* programa parengtų mokslininkų bendradarbiavimo tinklų žemėlapiuose produktyviausi, daugiausia publikacijų turintys mokslininkai žymimi didesniais apskritimais, nurodant turimų publikacijų skaičių (4 pav.). Linijos, jungiančios atskirus mokslininkus, rodo bendrų publikacijų skaičių. Kuo didesnis autorius jungiančių linijų skaičius, tuo platesnis mokslininko bendradarbiavimo tinklas. Galima išskirti centrinius tinklo elementus, turinčius ryšių su daugeliu kitų institucijos mokslininkų.

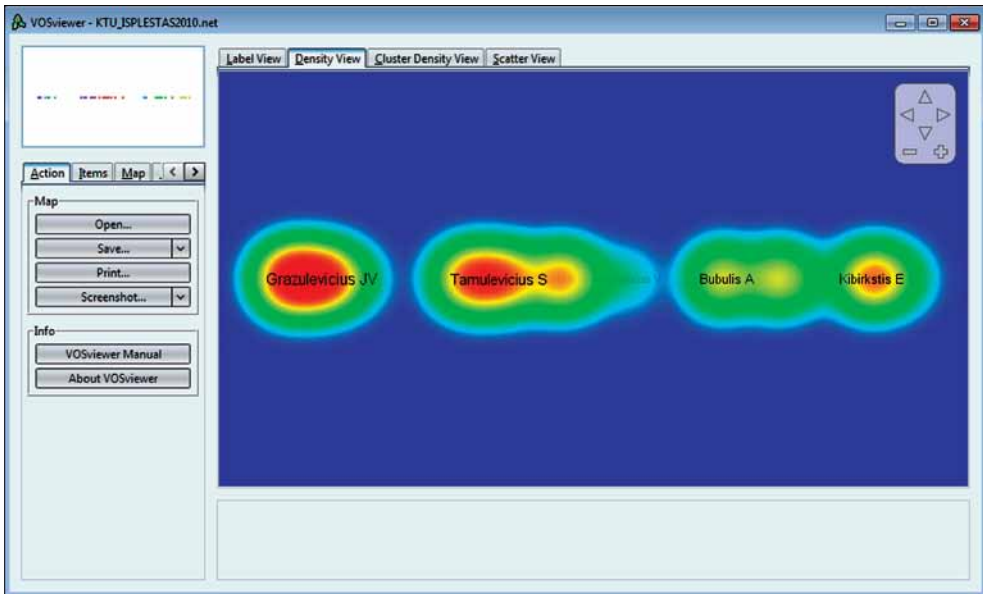
Šiame pavyzdyje, atlikus 2010 m. KTU mokslininkų publikacijų *WoS* duomenų bazėje paiešką, rastos 396 publikacijos, kurių autoriai – institucijos mokslininkai. Bendras analizuojamų publikacijų bendraautorių skaičius – 856 pavardės. Iš jų 98 autoriai 2010 m. publikavo daugiau kaip tris publikacijas. Parengus jų bendradarbiavimo tinklų žemėlapių nustatyti aktyviausi institucijos mokslininkai, parengę daugiausia publikacijų, referuojamų *WoS* duomenų bazėje. Nustatyti jų bendradarbiavimo ryšiai su kitais mokslininkais institucijoje ir už institucijos ribų.

*VOSviewer* programa, skirtingai negu *Pajek* programa, pateikia ne visus, o tik didžiausią svorį ir daugiausia bendradarbiavimo ryšių turinčių institucijos bendradarbiavimo tinklo elementų (5 pav.). Tai reiškia, kad eliminuojami silpnesnius ryšius turintys elementai. Detaliau įsigilinti į tinklo struktūrą padeda padidinimo (angl. *zoom*) funkcija (6 pav.).





4 pav. Institucijos mokslininkų bendradarbiavimo tinklas (Pajek programa, KTU 2010 m. publikacijos, WoS duomenys  
 Fig. 4. Co-authors network at the institution (Pajek software, KTU publications of 2010, WoS data)



5 pav. Institucijos mokslininkų bendradarbiavimo tinklas  
(VOSviewer programa, KTU 2010 m. publikacijos, WoS duomenys)

Fig. 5. Researchers' co-authors networks  
(VOSviewer software, KTU publications of 2010, WoS data)



6 pav. Atskirų tinklo elementų peržiūra naudojantis padidinimo funkcija  
Fig. 6. Viewing of separate network elements with the help of the zoom function

### *Mokslininkų bendradarbiavimo klasterių išskyrimas*

Analizuojant mokslininkų bendradarbiavimo tinklus galima išskirti atskirus mokslininkų bendradarbiavimo potinklius. Šiuos mokslininkų bendradarbiavimo potinklius galima aptikti išskiriant klasterius.

Bendrą mokslininkų bendradarbiavimo tinklą sudarantys potinkliai gali būti susiję arba nesusiję su kitais potinkliais. *Pajek* programoje didžiausią svorį turintys elementai turi didžiausią reikšmę, t. y. publikacijų skaičių, ir yra atvaizduojami didesniais apskritimais. Linijos tarp apskritimų atvaizduoja bendras publikacijas.

Parengtame žemėlapyje galima pastebėti mokslininkus, bendradarbiaujančius ir jungiančius keletą potinklį. Tokie ryšiai rodo institucijos mokslininkų aktyvumą, atvirumą, dažnai daugelio disciplinų tyrimų vykdymą institucijoje.

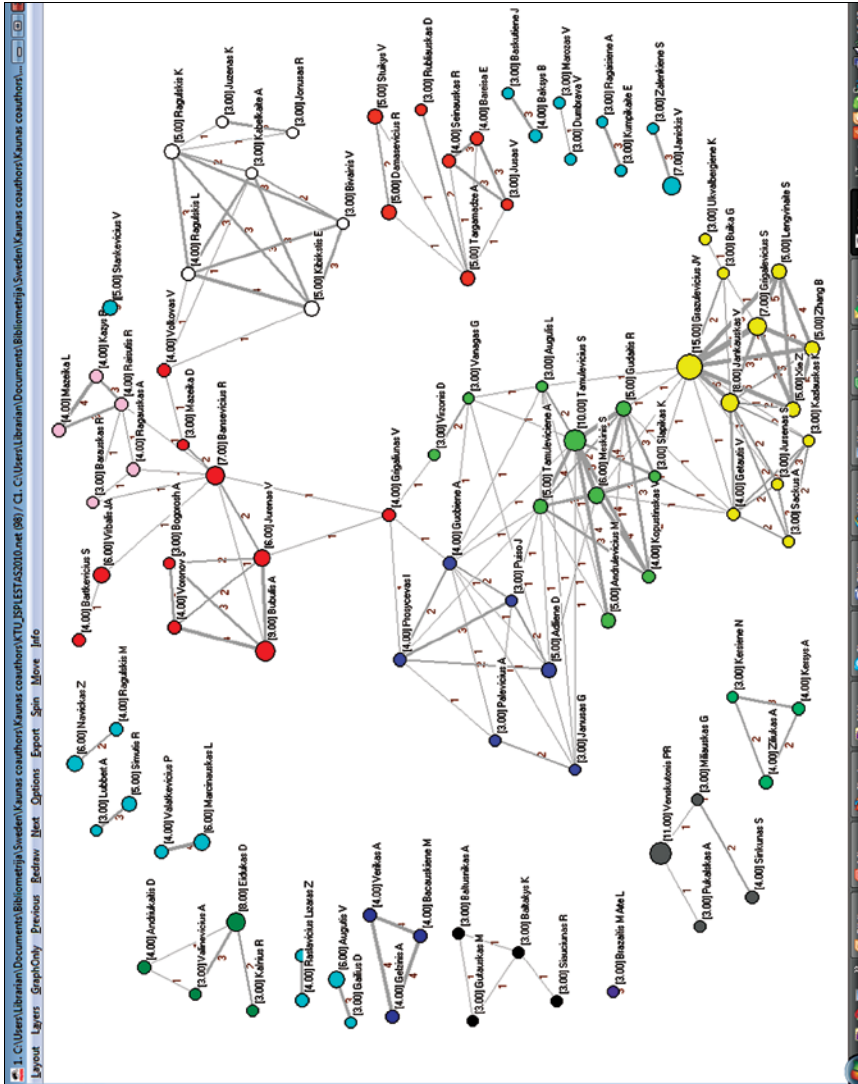
Kai kurie potinkliai bendradarbiavimo ryšiais nėra susiję su kitais institucijos potinkliais, o tai galėtų reikšti atskirų mokslinių grupių uždaramą arba nesusijusių tematikų mokslinių tyrimų egzistavimą institucijoje.

Pavyzdžiui, atliekant KTU 2010 m. publikacijų, referuojamų WoS duomenų bazėje, klasterių analizę (7 pav.), bendrame tinkle buvo išskirta 13 mokslininkų bendradarbiavimo potinklų. Kiekvienas potinklis pavaizduotas skirtinga spalva. Institucijos mokslininkų tinklą sudaro skirtingų dydžių potinkliai, didžiausias potinklis turi dvylika elementų, kiti du pagal dydį bendradarbiavimo potinkliai turi po dešimt elementų, du potinkliai – po 7 elementus, vienas – 6 elementus, vienas – 5 elementus, trys – 4 elementus, trys – 3 elementus ir dvidešimties potinklų autoriai dirba po du. Galima pastebėti, kad skirtinguose klasteriuose esantys autoriai turi bendradarbiavimo ryšių su kituose klasteriuose esančiais autoriais.

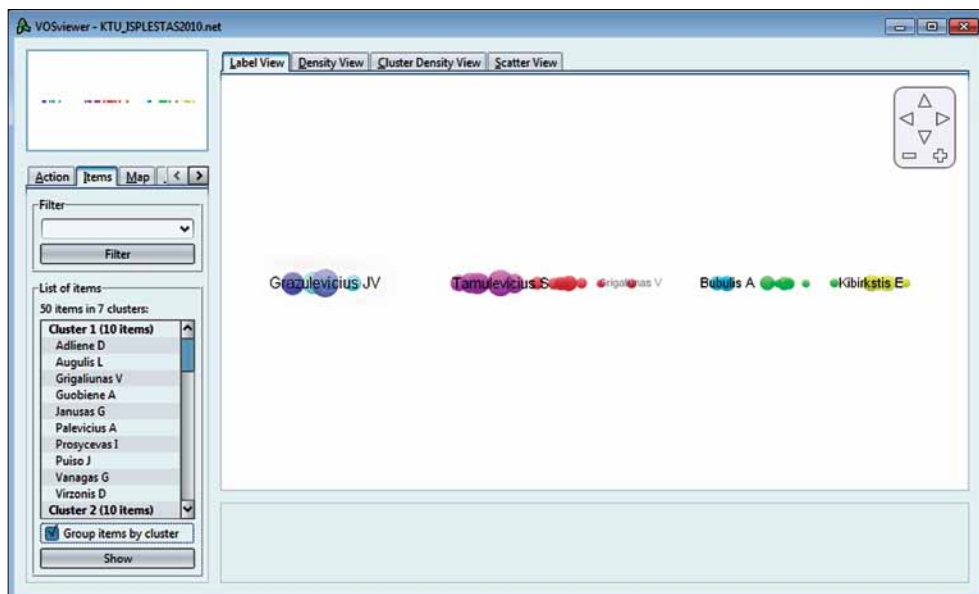
*VOSview* programa taip pat numato potinklų (klasterių) išskyrimą bendrame tinkle. Bendradarbiavimo ryšiais susiję mokslininkai patenka į tą patį potinklį (8 pav.). Potinkliai žymimi skirtingomis spalvomis. Potinklio viduryje esantys tinklo elementai, turintys didesnę svorį, kuris atitinka publikacijų skaičių, yra išskiriami didesniais apskritimais. Arčiau vienas kito esantys elementai rodo didesnę bendrų publikacijų skaičių ir bendradarbiavimo apimtį.

### *Individualaus mokslininko bendradarbiavimo tinklai*

Atsižvelgiant į bendrai parengtas publikacijas, grafinio atvaizdavimo programos vizualiai pateikia individualaus mokslininko bendradarbiavimo tinklą. Rengiant konkretaus mokslininko bendradarbiavimo tinklus ir norint įvertinti ne vien tik *Web of Science* publikacijas gali būti naudojami ne tik komercinių duomenų bazių, pvz., *Web of Science*, duomenys, bet ir konkrečios institucijos mokslo publikacijų duomenų bazės duomenys.



7 pav. Institucijos mokslinių bendradarbiavimo tinklo klasteriai (Pajek programa, KTU 2010 m. publikacijos, WoS duomenys)  
Fig. 7. Clusters of network for collaboration of the institution's researchers (Pajek software, KTU publications of 2010, WoS data)



8 pav. Institucijos mokslininkų bendradarbiavimo tinklo klasteriai (VOSviewer programa, KTU 2010 m. publikacijos, WoS duomenys)

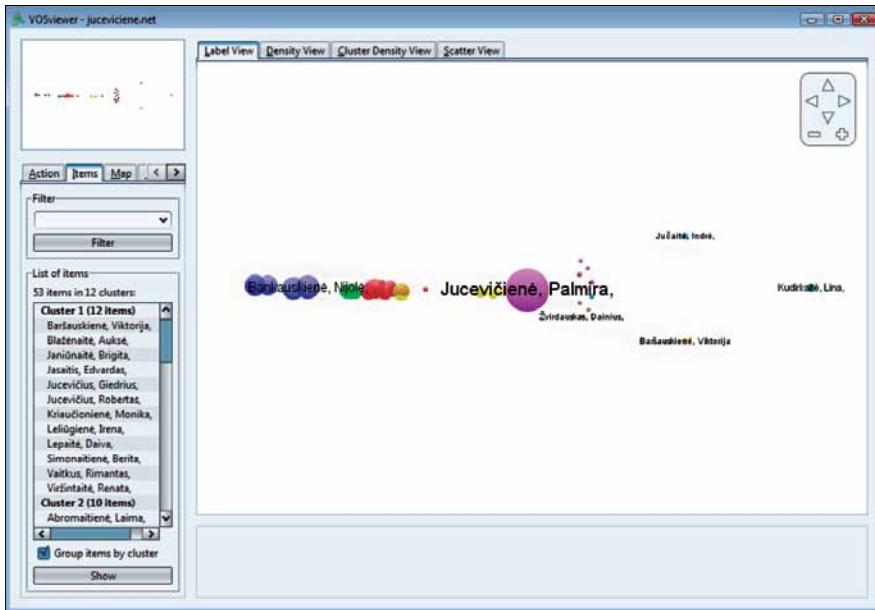
Fig. 8. Clusters of network for collaboration of the institution's researchers (VOSviewer software, KTU publications of 2010, WoS data)

*Pajek* programa parengtame žemėlapyje vektorius viršūnė rodo konkretaus autoriaus publikacijų skaičių, o linijos – bendrų publikacijų skaičių (9 pav.). Siekiant gauti pagrindinę tinklų struktūrą, analizuojami duomenys eliminuojant mažesnes reikšmes turinčius elementus. Siekiant atvaizduoti pagrindinius mokslininko bendradarbiavimo ryšius, šiame mokslininkų bendradarbiavimo tinklo (angl. *co-authors network*) žemėlapyje gali būti pateikiami tik tie autoriai, kurie turi ne mažiau kaip dvi *WoS* publikacijas. Tuomet gauti mokslininkų bendradarbiavimo tinklų žemėlapiai parodo ryšius su mokslininkais, turinčiais ne mažiau kaip dvi bendras publikacijas su autoriais.

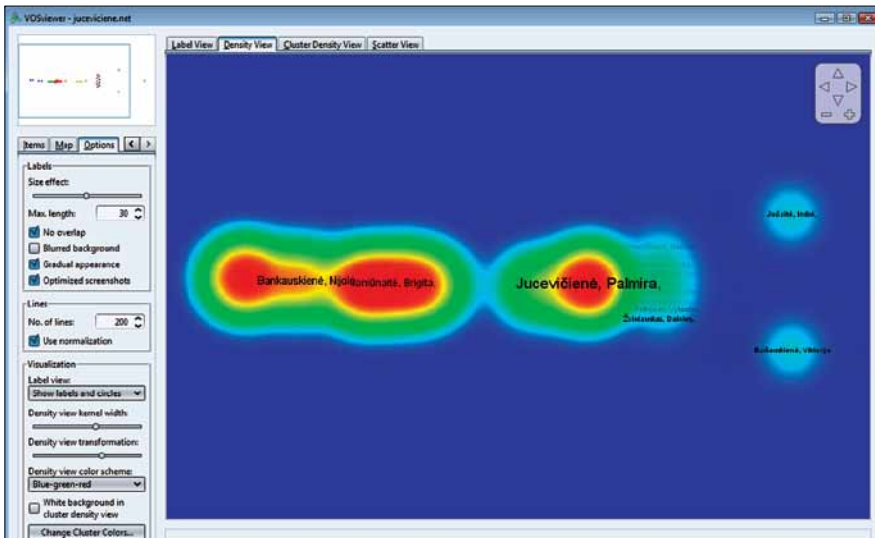
*VOSviewer* programa parengto individualaus mokslininko bendradarbiavimo tinklų žemėlapyje atstumas tarp mokslininkų nusako bendradarbiavimo ryšių stiprumą – kuo intensyvesnis mokslininkų bendradarbiavimas, tuo arčiau vienas kito yra mokslininkus atvaizduojantys apskritimai. Didesnį bendrų publikacijų skaičių turintys mokslininkai atvaizduojami didesniais apskritimais ir pavardes išreiškiančiomis etiketėmis (10 pav.). Rengiant bibliometrinius žemėlapius *VOSviewer* programa galima naudoti visas autoriaus publikacijas, nes programa leidžia atvaizduoti didelius duomenų masyvus.

*VOSviewer* programa ne tik parodo ryšius tarp mokslininkų, bet ir nusako jų bendradarbiavimo ryšių stiprumą. Atvaizduoti naudojama spalvų intensyvumo skalė: raudona – žalia – mėlyna. Stipriausi ryšiai atvaizduojami raudona spalva, mažiau intensyvus bendradarbiavimas – žalia spalva, silpniausi ryšiai iliustruojami mėlyna spalva (11 pav.).





**10 pav.** Mokslininko bendradarbiavimo tinklas  
(VOSviewer programa, 1992–2011 duomenys, KTU mokslo publikacijų duomenų bazė)  
**Fig. 10.** Network for collaboration of a researcher  
(VOSviewer software, data of 1992–2011, database of KTU research publications)

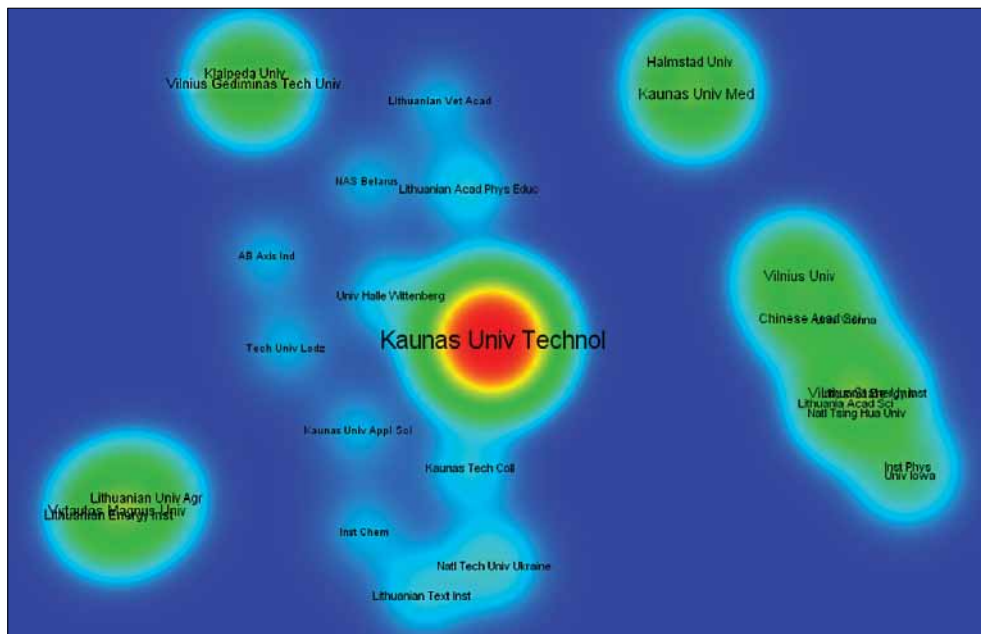


**11 pav.** Individualaus mokslininko bendradarbiavimo tinklų ryšių stiprumas  
(VOSviewer programa, 1992–2010 m. duomenys, KTU mokslo publikacijų duomenų bazė)  
**Fig. 11.** Strength of links of an individual researcher collaboration network  
(VOSviewer software, data of 1992–2011, database of KTU research publications)





VOSviewer programa leidžia atvaizduoti ne tik ryšius tarp institucijų, ji parodo šių ryšių intensyvumą bei tarpinstitucinių tinklų egzistavimą (13 pav.). Norint detaliau įsi-gilinti į atskirų potinklų bendradarbiavimo ryšius galima naudoti padidinimo funkciją.



13 pav. Tarpinstitucinio mokslininkų bendradarbiavimo tinklai (VOSviewer programa, KTU 2010 m. publikacijos, WoS duomenys)

Fig. 13. Inter-institutional researcher collaboration networks (VOSviewer software, KTU publications of 2010, WoS data)

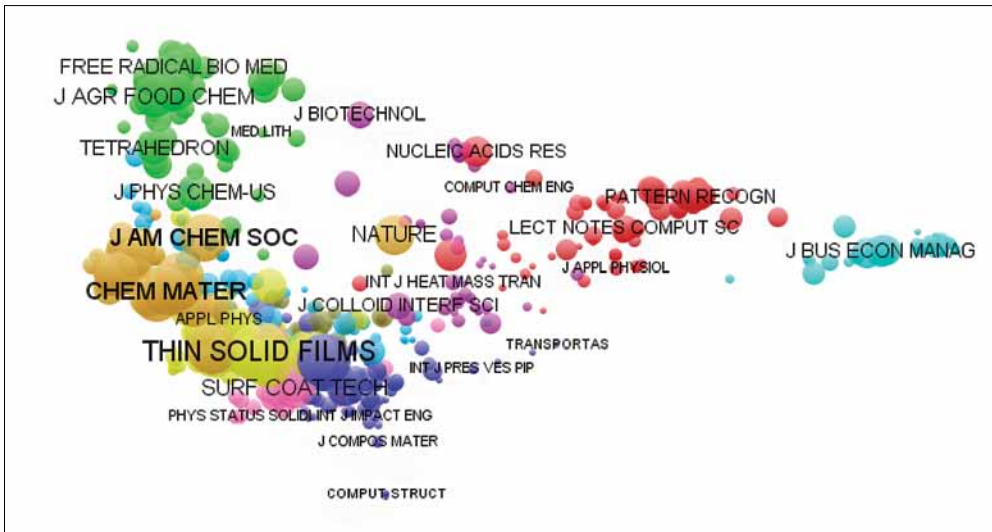
### *Institucijos mokslininkų bendrai cituojamų šaltinių tinklai*

Atliekant cituojamų šaltinių analizę, galima įvertinti, kokiuose šaltiniuose publikuojami straipsniai dažniausiai skaitomi institucijos mokslininkų. Tai ne tik leidžia nustatyti populiariausius ir aukščiausiai institucijos mokslininkų vertinamus mokslo žurnalus, žurnalų tematiką, bet gali būti svarbus rodiklis planuojant mokslo žurnalų prenumeratą.

*Pajek* programa parengtuose citavimų žemėlapiuose didesnę apskritimą atvaizduojantys žurnalai cituojami dažniau. Linijos, jungiančios žurnalus, rodo tarpusavio citavimo ryšius (14 pav.).

VOSviewer programa parengti žemėlapiai parodo skaitomiausius žurnalus. Žemėlapyje gali būti identifikuojami susijusių žurnalų klasteriai, kurie dažniausiai susiję su tam tikra mokslo kryptimi. Arčiausiai esantys žurnalai priklauso tai pačiai arba labai artimai tematikai. Kairėje apatinėje pusėje išsidėstę žurnalai susiję su medžiagų mokslu. Aukščiau išsidėstę žurnalai priklauso chemijos, maisto technologijų, biomedicinos mokslų tematikai. Dešinėje pusėje esantys žurnalai, atskirti tam tikros tuščios erdvės, priklauso socialinių mokslų sričiai (15 pav.).





**15 pav.** Institucijos mokslininkų cituojami žurnalai  
(VOSviewer programa, 2010 m. KTU publikacijos, WoS duomenys)

**Fig. 15.** Journals' co-citations by researchers by the institution's researchers  
(VOSviewer software, KTU publications of 2010, WoS data)

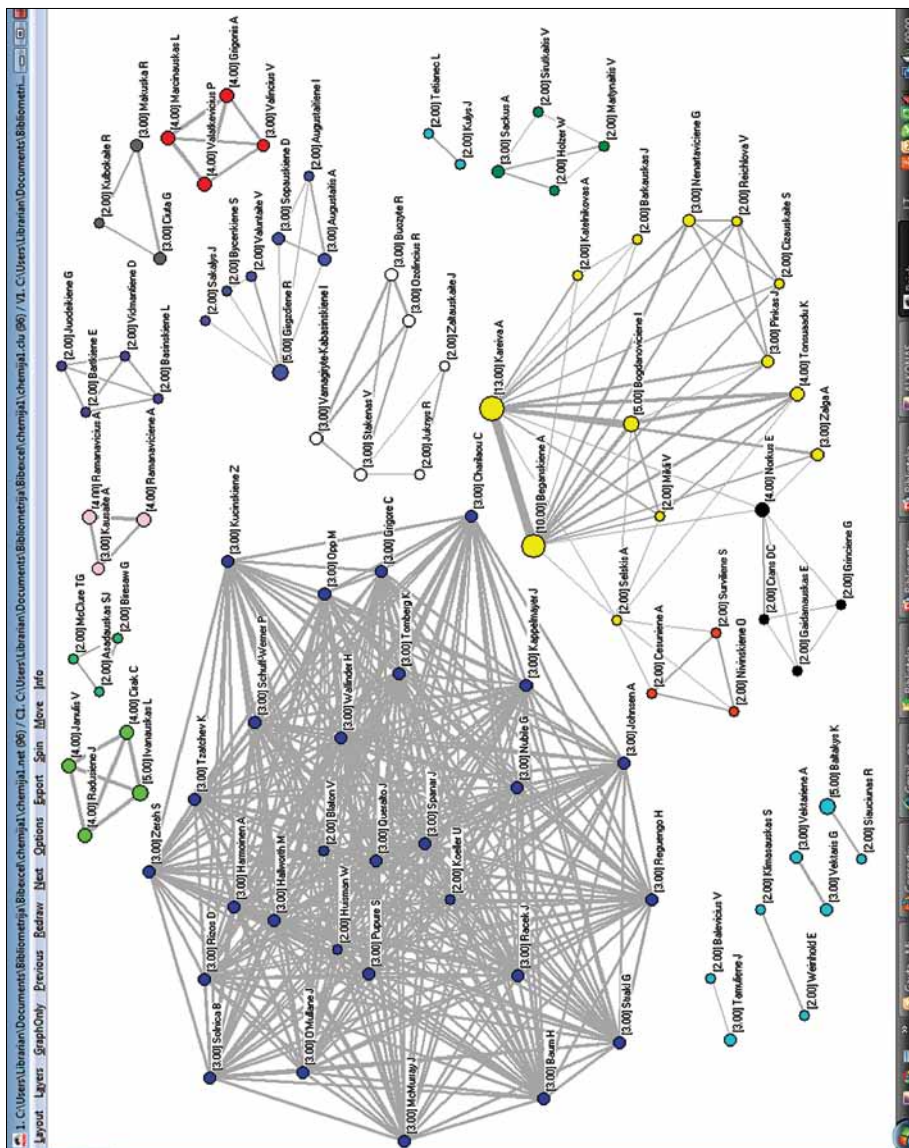
### *Mokslininkų bendradarbiavimo tinklai teminėse srityse*

Atsižvelgiant į siekiamus tikslus teminė analizė gali būti atliekama tarptautiniu, šalies, instituciniu ar atskirų padalinių lygmenimis. Atliekant mokslinių tyrimų analizę pagal mokslo kryptis ar tematiką gali būti naudojami *Web of Science* duomenų bazės duomenys.

Žemėlapius rengiant *Pajek* programa pasirenkamas analizuojamas laikotarpis ir atsižvelgiant į jo trukmę numatomas analizės lygmuo, t. y. kiek minimaliai publikacijų parengę autoriai yra įtraukiami rengiant žemėlapi. Parengtame žemėlapyje galima nustatyti pagrindinius šios tematikos darbus dirbančius mokslininkus, pastebėti atskirtų tinklo potinkių uždarumą, tarptautinio bendradarbiavimo tendencijas ir pan.

Teminių publikacijų analizę šalies mastu gali padėti išskirti pagrindines šalies mokslo kryptis ir šakas. Gauti duomenys gali būti naudojami rengiant mokslo vystymo strategiją, planuojant vystyti pažangiausias ir stiprinant silpnas pozicijas užimančias mokslo kryptis. Atliekant pasirinktos mokslo krypties publikacijų analizę galima nustatyti didžiausią įdirbį ir pasiekimus turinčias institucijas bei mokslines grupes.

Atliekant tam tikras temas gvildenančių mokslininkų bendradarbiavimo tinklų analizę galima ne tik nustatyti produktyviausius tos srities mokslininkus, bet ir nustatyti jų mokslinio bendradarbiavimo tinklus. Mokslo tematikos žemėlapiai atskleidžia mokslininkų bendradarbiavimo ryšius tarp institucijų šalies mastu ir padeda identifikuoti tarptautinį bendradarbiavimą su užsienio mokslininkais (16 pav.).



16 pav. Lietuvos chemijos srities mokslininkų bendradarbiavimo tinklai (VOSviewer programa, 2010 m. KTU publikacijos, WoS duomenys)  
 Fig. 16. Co-authors network by Lithuanians researchers in chemical sciences (VOSviewer software, KTU publications of 2010, WoS, data)

Atliekant institucijos mokslininkų parengtų publikacijų analizę pagal reikšminius žodžius arba dalykinius terminus, galima nustatyti institucijoje vykdomų mokslinių tyrimų tematiką ir išskirti pagrindines institucijos mokslininkų turimas kompetencijas. Analizuojami terminai gali būti metaduomenyse ir viso teksto dokumente. Siekiant susiaurinti reikšminių žodžių analizę, gali būti pasirenkama atlikti tik pagrindinių metaduomenų, pvz., pavadinimo ir santraukos analizę. Siekiant nustatyti mokslininkų vykdomų tyrimų sritis, analizei gali būti pasirenkami tik dalykiniai terminai. Atlikus publikacijose vartojamų dalykinių terminų analizę galima išvelgti pagrindines mokslinių tyrimų temas, tyrimų daugiadiscipliniškumą ir pan.

## Apibendrinimas

Mokslinės veiklos bibliometrinė analizė ir gautų duomenų grafinis atvaizdavimas suteikia galimybę gauti bendros veiklos rezultatus, parengiant mokslininkų ir institucijų bendradarbiavimo tinklų žemėlapius, nustatyti aktyviausius tam tikros mokslo tematikos mokslininkus, rasti institucijoje vykdomų bendrų, daugelio disciplinų mokslinių tyrimų sritis, tarpinstitucinius, tarptautinius mokslinius tyrimus ir pan. Žemėlapyje atvaizduojami elementai gali būti autoriai, dalykiniai terminai, reikšminiai žodžiai, esantys publikacijų pavadinime ar santraukoje. Duomenų analizė ir duomenų grafinis atvaizdavimas gali būti atliekamas įvairiais lygmenimis: tarptautiniu, šalies, instituciniu, individualaus mokslininko, žurnalo, mokslo krypties ir kt.

Duomenims parengti ir grafiškai atvaizduoti gali būti naudojamos specializuotos programos, kurios duomenims apdoroti ir pateikti taiko skirtingus duomenų analizės ir atvaizdavimo metodus. Nepaisant pasirinkto būdo, parengti bendradarbiavimo tinklų žemėlapiai leidžia identifikuoti institucijos mokslininkų institucinio, tarpinstitucinio ir tarptautinio bendradarbiavimo ryšius, jų mikrostruktūrą.

*Pajek* programa parengtuose žemėlapiuose lengviau nustatyti institucijoje egzistuojančias izoliuotas mokslininkų grupes, vykdančias siauresnės tematikos tyrimus, taip pat išskirti stipriausias, aktyviausias mokslininkų grupes, nustatyti svarbiausius mokslininkus, turinčius ne tik daugiausia publikacijų, bet ir gebančių sujungti kelių mokslinių grupių veiklą, užmegzti bendradarbiavimo tinklus tarptautiniu lygmeniu, vykdyti daugelio disciplinų tyrimus.

*VOSviewer* programos pranašumai išryškėja tuomet, kai reikia atvaizduoti didelius, daug analizuojamų elementų turinčius tinklus.

## Literatūra

- Batagelj, V.; Mrvar, A. 2003. *Pajek. Analysis and Visualization of Large Networks*, in M. Jünger, P. Mutzel (Eds.). *Graph Drawing Software*. Springer. Berlin, 77–103.
- Batagelj, V.; Mrvar, A. 2011. *Pajek. Program for Analysis and Visualization of Large Networks*. Reference Manual. Ljubljana.

- Batagelj, V.; Mrvar, A. 2008. *Pajek. Program for large network analysis* [interaktyvus], [žiūrėta 2011-08-20]. Prieiga per internetą: <<http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek>>.
- Bauren, I. 2011. *Bibliometrijos seminaro medžiaga*. Ryga.
- Boyack, K. W. 2009. Using detailed maps of science to identify potential collaborations, *Scientometrics* 79(1): 27–44. doi:10.1007/s11192-009-0402-6
- Börner, K.; Chen, Ch.; Boyack, K. 2003. Visualizing Knowledge Domains, in B. Cronin (Ed.). *Annual Review of Information Science & Technology*. Medford, New Jersey: Information Today, Inc. American Society for Information Science and Technology 37(5): 179–255.
- de Nooy, W.; Mrvar, A.; Batagelj, V. 2005. *Exploratory Social Network Analysis with Pajek*, CUP.
- Glanzel, W.; Thijs, B. 2011. Using 'core documents' for the representation of clusters and topics, *Scientometrics* 88(1): 297–309. doi:10.1007/s11192-011-0347-4
- Grauwin, S.; Jensen, P. Mapping scientific institutions [inetaktyvus], *Scientometrics*, 1–12. Prieiga per internetą: <<http://perso.ens-lyon.fr/pablo.jensen/scientoENS.pdf>>.
- Persson, O.; Danell, R.; Schneider, J. W. 2009. How to use Bibexcel for various types of bibliometric analysis, in *Celebrating scholarly communication studies*, 9–28. International Society for Scientometrics and Informetric [interaktyvus], [žiūrėta 2011-08-20]. Prieiga per internetą: <<http://www.issi-society.info/ollepersson60/ollepersson60.pdf>>.
- Rehn, C.; Kronman, U. 2008. *Bibliometric handbook for Karolinska Institutet*. Karolinska Institutet.
- Rehn, C.; Kronman, U.; Wadskog, D. 2007. *Bibliometric indicators – definitions and usage at Karolinska Institutet*. Karolinska Institutet.
- van Eck, N. J.; Waltman, L. 2007. Bibliometric mapping of the computational intelligence field, *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems* 15(5): 625–645.
- van Eck, N. J.; Waltman, L. 2010. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping, *Scientometrics* 84(2): 523–538. doi:10.1142/S0218488507004911
- van Leeuwen, T. N. 2004. *Second generation bibliometric indicators: the improvement of existing and development of new bibliometric indicators for research and journal performance assessment procedures*. Leiden. doi:10.1007/s11192-009-0146-3
- Waltman, L.; van Eck, N. J.; Noyons, E. C. M. 2010. A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks, *Journal of Informetrics* 4(4): 629–635. doi:10.1016/j.joi.2010.07.002

## VISUALIZATION TOOLS FOR BIBLIOMETRIC NETWORKS

Gintarė Tautkevičienė

*Kaunas University of Technology, K. Donelaičio g. 20, LT-44239 Kaunas, Lithuania*  
E-mail: [gintare.tautkevicienne@ktu.lt](mailto:gintare.tautkevicienne@ktu.lt)

**Summary.** Bibliometric analysis is used to assess scientific research through quantitative studies on research publications and citations. Bibliometric indicators may be used for developing bibliometric networks. Bibliometric indicators are often used for visualization of results of the analysis. As a result of their graphical visualization, bibliometric maps are created. They represent the structure of elements under analysis and relations between metadata of publications (authors, institutions, keywords, scientific categories, citations, etc.), as well as show how strong the relations are. A number of universal and specialized programmes for visual representation of networks have been created; they are used to visualise the results of bibliometric analysis. This paper presents the main indicators of bibliometric analysis, stages of graphical representation;

it also presets the programmes Pajek and VOSviewer that may be used for developing and graphically representing bibliometric networks.

**Keywords:** bibliometric networks, citation analysis, mapping, Kaunas University of Technology.

**Gintarė TAUTKEVIČIENĖ.** Kauno technologijos universiteto (KTU) Informacinių paslaugų skyriaus vedėja, Ugdymo sistemų katedros docentė, socialinių mokslų (edukologijos) daktarė. Dėsto informacijos paiešką, žinių valdymą. Moksliniai interesai: mokslinė komunikacija, informacijos paieška, žinių valdymas.

**Gintarė TAUTKEVIČIENĖ.** Dr, Assoc. Prof., Dept. of Educational Systems, Kaunas University of Technology (KTU). Doctor of the Social Sciences (education). Teaching: information retrieval, knowledge management. Research interests: scholarly communication, information retrieval, knowledge management, open access.