



СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ"

ИЗПОЛЗВАНЕ НА NN И SOM ЗА КЛАСИФИЦИРАНЕ НА КСЕРОТЕРМНИ ДЪБОВИ ЕКОСИСТЕМИ НА ОСНОВАТА НА СТРУКТУРНИ И ФУНКЦИОНАЛНИ ПОКАЗАТЕЛИ

**Катедра-"Екология и опазване на околната среда"
дипломант: АЛБЕНА СТАНЕВА Ф.№38847**

Увод

Горските екосистеми имат огромно биосферно значение – водорегулиращо, противоерозионно, климатогенно, санитарно-хигиенно и стопанско. Засиленият и продължителен антропогенен натиск върху горските съобщества и околната среда е довел до редица екологични проблеми, свързани с увреждането на горите, имащи решаващо значение за равновесието в природата.

Много важно средство за адаптация към променените климатични условия е избора на подходящи дървесни видове.

И тъй като най-съществено влияние се очаква върху долния лесорастителен пояс и особено в южните части на България, за предпочитане в подобни условия е използването главно на местни сухоустойчиви широколистни дървесни видове, които имат по-слаби разходи за транспирация и имат по-голямо влияние за увеличаване на подземния почвен запас и речния отток. Ето защо тези видове следва да бъдат обект на особено внимание.

Увод

В световен мащаб проучванията посочват, че въглеродния запас в горите е над 1 100 млрд. t (Briffa et al., 1995).

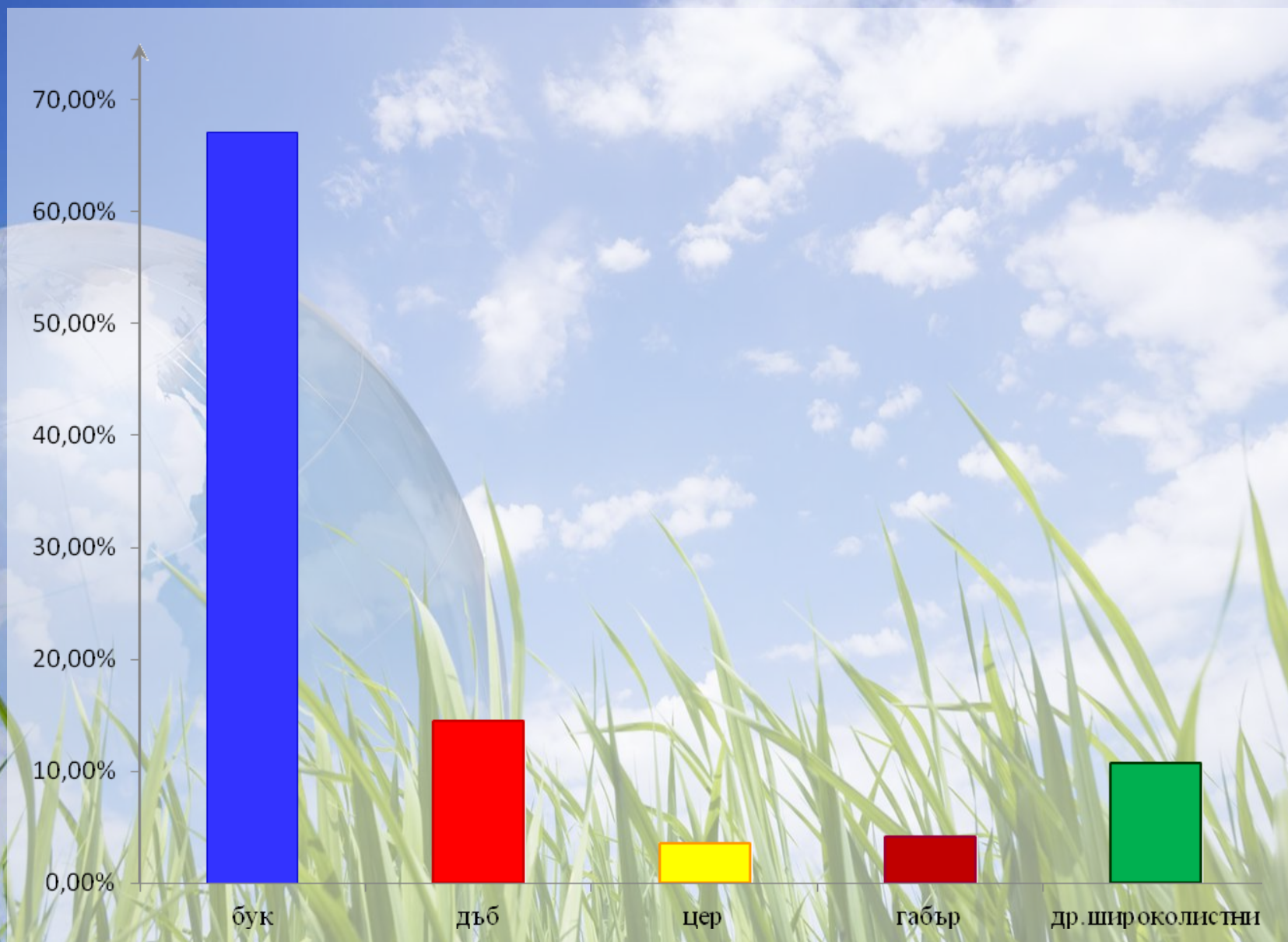
За България е изчислено, че общо горите произвежда дървесната биомаса, която съдържа около 22 Mt CO₂eq y⁻¹ (6 Mt C y⁻¹).

Общият запас на горите от горския фонд на България към края на 2010 г. възлиза на 643 млн. куб.м стояща дървесна маса. Средният годишен прираст на дървесина от горите на България възлиза на 14,4 млн. куб.м. Добитите количества дървесина през 2010 г. възлизат на около 5,6 млн.м³. (ИАГ)

Днес около 35% (160 000ha) от площта на широколистните гори в нашата страна са покрити с дъбови гори.

У нас днес се срещат 8 вида от р. *Quercus* L. като едификатори или субедификатори на дъбовите съобщества. Това са : *Q.pedunculiflora* C.Koch. (дръжкоцветен дъб), *Q.polycarpa* Schur. (източен горун), *Q.cerris* L.(цер), *Q.virgiliana* Ten. (виргилиев дъб), *Q.robur* L.(летен дъб) и *Q.pubescens* Willd, (космат дъб). Два вида от този род са български ендемити – *Q.thracica* Stef.et Ned. и *Q. mestensis* Bond et Ganc.

Процентното съотношение на общия запас на широколистните видове в България



Състояние на дъбовите гори в България и тяхното значение

Доскоро дъбовите гори се считаха като част от стабилни и сравнително устойчиви екосистеми, които преодоляват без особени проблеми периодично появяващите се климатични аномалии, проявяващи се преди всичко във вид на силно редуцирани валежи и високи температури през летния сезон.

Ксеротермните дъбови гори на територията на България са повлияни силно от антропогенната дейност, вследствие на което видовият им състав на редица места е обеднял, структурата им е опростена, продуктивността и устойчивостта им са понижени. Природообразуващата, в т.ч. почвообразуващата и почвозащитната им функция, са намалени и ограничени. Освен загубите от продукция, се наблюдават и ерозия, наводнения, суши и каламитетни инвазии. Въпреки това, ксеротермните дъбови гори са главен елемент на естествените екосистеми.

Национална Система за Мониторинг

Националната система за мониторинг се изпълнява на две нива-
широкомащабен мониторинг (I ниво), която обхваща 256
постоянни пробни площи, разположени в пресечните точки на
квадратна мрежа с размери 16x16 км, 8x8 км и 4x4 км.
Ежегодно се обследват около 140 броя пробни площи, като в
30 от тях обследването е комплексно.

От 2003 г. се изпълнява и **интензивен мониторинг (II ниво)** за
оценка на въздействието на замърсения въздух върху
горските екосистеми, което дава възможност да бъдат
определяни критичните прагове на замърсяване. Изградени са
3 стационара за интензивен горски мониторинг - Старо
Оряхово, Витиня и Юндола.

Трите стационара за интензивен горски мониторинг



Цели и задачи

Основната цел на настоящето изследване е на базата на основни функционални показатели на ксеротермни дъбови гори да се направи класификация, прилагайки модела **SOM /Self Organizing Map/** на **NN /Neural Network/**, която да бъде използвана за анализ в поведението на растителната покривка в условията на глобалните промени;

1. Запознаване с проблемите, свързани с екосистемното моделиране;
2. Събиране и синтез на информацията от различни литературни източници относно изследване на ксеротермните гори в България в екологично, структурно и функционално отношение;
3. Запознаване със същността и възможностите на NN и SOM;
4. Проучване относно опита от прилагането на метода за моделиране на системи, в т.ч. природни системи;
5. Адаптиране на данните за програмата;
6. Провеждане на същинския анализ.

Екосистемно моделиране в България и чужбина

Изучаването на екосистемите, на компонентите на околната среда, на динамиката на тяхното състояние и изменение, както и последиците на това изменение създава необходимост за използване на най-съвременни и ефективни методи и технологии. Такива методи са динамичните глобални модели на растителността (DGVM) и дистанционите средства за изучаване на процесите, протичащи на Земята.

Глобалните симулации използват основно шест различни DGVMs: HYBRID, IBIS, LPJ, SDGVM, TRIFFID и VECODE.

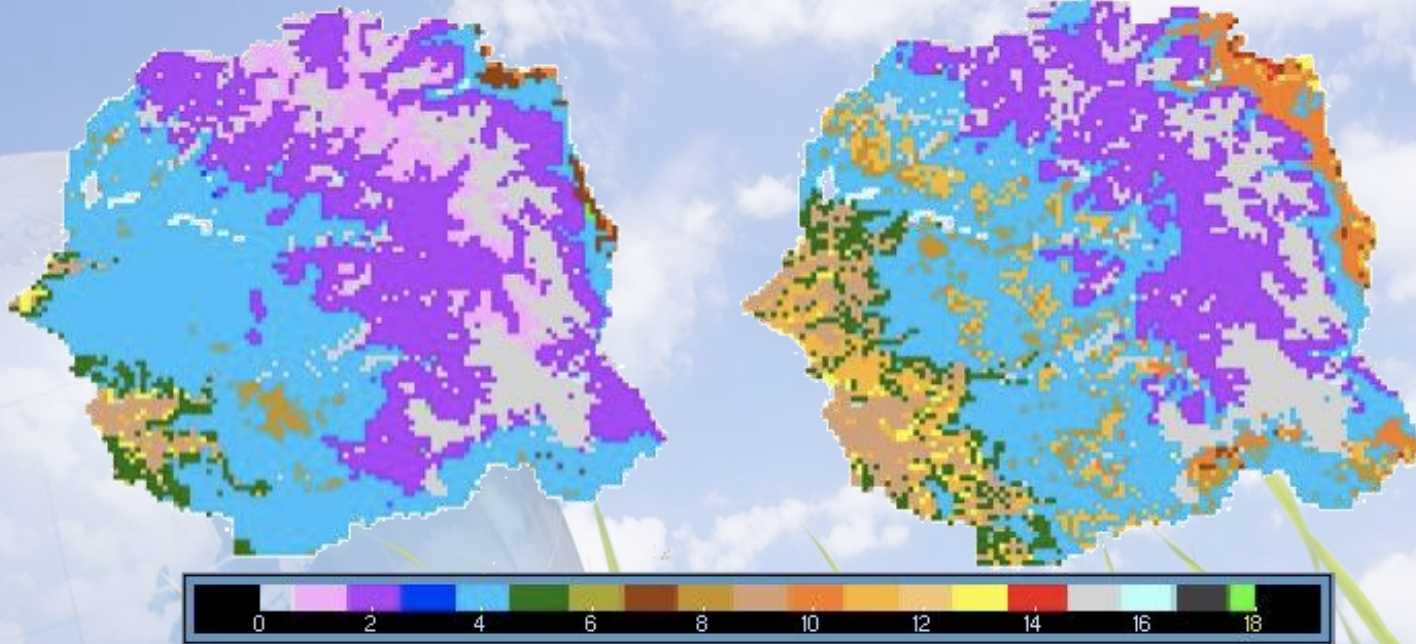
Един динамичен глобален модел на растителност (DGVM) е компютърна програма, която симулира промените в растителния потенциал и свързаните с нея биогеохимични и хидроложки цикли в отговор на промените на климата.

DGVMs обикновено работят в пространствено разпределителен режим, със симулациите, направени от хиляди "клетки", географски точки, които се предполага, че имат еднородни условия във всяка клетка.

Примерна структура на DGVMs

1987-1996

2087-2096



- 1 alpine
- 2 subalpine forest
- 3 coastal conifer forest
- 4 montane conifer forest
- 5 mixed evergreen forest
- 6 hardwood forest
- 7 conifer woodland
- 8 mixed evergreen woodland
- 9 hardwood woodland

- 10 sagebrush
- 11 montane chaparral
- 12 coastal chaparral
- 13 grassland
- 14 desert
- 15 natural barren
- 16 water
- 17 developed
- 18 subalpine meadow

Откриването на горски пожари се извършва с помощта на спектралните канали на MODIS (4-11 μm) за яркостната температура. Спътниците Aqua и Terra осигуряват по 4 изображения за 24 часа.

- ▣ Данните от MODIS могат да се използват за наблюдение на горящи стърнища, уточняване на вида и състоянието на растителността, димните аерозоли, водната пара и облаците, като това служи за цялостен мониторинг на процеса на развитие на пожара и неговото влияние върху екосистемите, атмосферата и климата.
- ▣ Параметрите на спътниковите данни от системата MODIS са следните:
 - ✓ времева разделителна способност 2 пъти за 24 часа за всеки спътник;
 - ✓ пространствена разделителна способност – 250-2000 m;
 - ✓ спектрална разделителна способност – получаване на хиперспектрални данни от 36 спектрални диапазона;
 - ✓ радиометрична разделителна способност – 12 bits

PFTs модели

Например PFTs - растителните функционални типове е своеобразен модел. Това са групи от видове растения обединени от едни и същи природни ресурси, имащи сходно въздействие върху функционирането на екосистемите могат да бъдат „включени“ или „изключени“ в специална мрежова клетка от (DGVM). Отчитат се и се следят характеристиките на тези функционални типове , чрез които се моделират измененията в растителната покривка и глобалните изменения на климата.

Редица учени работят върху различни класификации на функционалните типове, като дефинират типовете на функционални, структурни и реактивни.

Модели с NN /neural network/- невронни мрежи и тяхното приложение в екологичното моделиране

Невронната мрежа е модел за обработка на информация.

Предимства:

Невронните мрежи могат да изпълняват задачи, които линейна програма не може.

Моделът запазва работоспособността си дори при повреди на неголям брой от невроните.

Те са абстрактен модел, който може да се прилага за много широк диапазон от области.

SOM (Self-Organizing Map) е модел невронна мрежа със самообучение, който конструира топологична карта, в която изобразява високоразмерното пространство на данните, така че да се запази относителната близост на образците (Kohonen 1995).

В настоящата работа *SOM* е използвана при анализа на данни за ксеротермни гори в ролята на средства за многомерно скалиране, визуализация и евристично определяне на степента на влияние на различните групи характеристики върху състоянието на горите.

Self-Organizing Map /SOM/

SOM (Self-Organizing Map) е модел невронна мрежа със самообучение, който конструира топологична карта, в която се изобразява високоразмерното пространство на данните, така че да се запази относителната близост на образците (Kohonen 1995).

В настоящата работа *SOM* е използвана при анализа на данни за ксеротермни гори в ролята на средства за многомерно скалиране, визуализация и евристично определяне на степента на влияние на различните групи характеристики върху състоянието на горите.

Прилагането на метода е извършено в следната последователност:

Използвани софтуерни средства

Използвана е софтуерната система **R** [R-Project], предоставяща програмен език и среда за извършване на статистически изчисления, както и добре развити графични средства. Описаните по-долу експерименти и резултати са изцяло програмирани и изпълнени в системата **R**.

Предварителна подготовка на данните

Наличните данни представляват регистрирани стойности на 122 показателя за 180 различни обекта:

- а/ Качествените (нечислови) стойности са трансформирани в количествени, кодирани с подходящи числа стойности.
- б/ Ако за дадена площ липсват стойности за всички характеристики от дадена група, то те се запълват със средната стойност на съответните характеристики на останалите площи.
- в/ Стойностите на всяка характеристика са нормирани, т.е. изобразени в интервала $[0 - 1]$.
- г/ В резултат на направената предварителна обработка на данните, всяка площ е представена чрез числови стойности на 121 характеристики.
- д/ Част от данните, свързани с посоките на света са кодирани чрез тригонометричните функции $\sin$ и $\cos$.

Обект на изследване

Обект на разглеждане в настоящата дипломна работа са изследванията на 180 пробни площадки, извършени в период от 1976 до 2010 г., описани в 83 публикации.

Структурата се описва с показателите - видов състав, площ, произход, средна възраст, склоп, бонитет, средно покритие, брой на етажите, среден диаметър, средна височина, почвени характеристики /хоризонти, рН, хумус/, изложение, надморска височина, период на засушаване, средна сума на валежите, средна температура, доминиращи видове на ксеротермните асоциации.

Използвани са следните функционални показатели: надземна биомаса на дървесен, храстов и тревен етаж; подземна биомаса; надземна продукция на дървесен, храстов и тревен етаж; подземна продукция; годишен опад; запаси на постилка; опадо-постилъчен коефициент; калорийност на надземна и подземна биомаса; надземни и подземни енергийни запаси, съдържание на микро- и макроеlementи във фракциите.

Разпределение на изследваните обекти по показатели на климатично райониране

Климатично райониране	Брой на изследваните обекти	Средна годишна $t^{\circ}C$	Годишна сума на валежите mm	Период на засушаване Дни
Умерено континентална област	68	$8^{\circ} - 11,5^{\circ}$	578 - 1050	30 - 90
Преходно-континентална област	18	$10^{\circ} - 12,9^{\circ}$	554 - 644	80 - 120
Континентално-средиземноморска област	72	$11,3^{\circ} - 12,5^{\circ}$	533 - 650	60 - 150

Разпределение на изследваните обекти по почвено-географско райониране

Почвено-географски район Правинция	Брой на изследваните обекти	Почвен тип - ФАО
Западна Дунавска	6	Chernozems; Luvisols; Luvisols
Провадийска	24	Chernozems; Luvic Phaenozems
Източно-балканска	6	Luvisols
Лудогорска	8	Luvisols; Phaenozems
Среднапредбалканска	7	Luvisols; Planosols
Западнапредбалканска	5	Luvisols; Planosols
Софийско-краищенска	29	Leptosols; Luvisols;
Средотракийска-Тунджанска	28	Chromic luvisols
Странджанска	29	Leptosols; Chromic luvisols
Средногорска	6	Chromic luvisols
Струмско-местенска	9	Leptosols; Chromic luvisols
Осоговско-беласишка	2	Umbric Leptosol
Източнородопска-Сакарска	6	Chromic luvisols
Предбалканска	2	Leptosols
Витошко-средногорска	4	Luvisols
Зададнородопска	2	Luvisols

Разпределение на изследваните обекти по геоботаническо райониране

№	Геоботаническо райониране	Бр. обекти	Асоциация
1	Странджански окръг	25	Q.frainetto
2	Източностаропланински окръг	18	Q.cerris
3	Западнокрайбрежен черноморски окръг	10	Q.frainetto
4	Котленско-Преславски окръг	1	Q.frainetto
5	Лудогорски окръг	12	Q.frainetto-Q.cerris
6	Дунавски хълмисто-равнинен окръг	8	Q.frainetto-Q.cerris
7	Предбалкански окръг	9	Quercetum crataego-festucosum
8	Западнобалкански окръг	6	Q.cerris; Q.frainetto; Fagus sylvatica
9	Средногорски окръг	5	Q.rubra
10	Софийски окръг	9	Q.frainetto
11	Западнобългарски граничен окръг	2	Q.frainetto; Q.pubescens; Fagus sylvatica-Q.petraea
12	Витошки окръг	5	Q.dalechampi; Q.cerris
13	Източнородопски окръг	11	Q.frainetto
14	Горнотракийски окръг	9	Q.frainetto; Q.dalechampi
15	Рилски окръг	1	Q.frainetto
16	Странджанско Айтоски окръг	5	Q.cerris; Q.frainetto
17	Горнострумски окръг	4	Q.frainetto
18	Ихтиманско-Средногорски окръг	6	Q.cerris; Q.dalechampi
19	Новопазарски окръг	12	Q.frainetto; Q.cerris

Методи на изследване

- 1. Обзор на използваните показатели за структура на ксеротермните дъбови екосистеми:** тези показатели са изследвани по класическите методи (по Любенова 2004) , оценката за обилието по Braun-Blanquet, а за срещаемостта - по Уранов (1964).
- 2. Обзор на използваните функционални показатели на ксеротермните дъбови екосистеми:** функционалните методи за изследване на запаси и годишна продукция, продуктивност и кръговрата на химичните елементи са по Базилевич и Родин(1968), Молчанов и Смирнов(1967), количеството постилка, опадъчно-постилъчния коефициент и интензивността на кръговрата са по Воробъев(1967)

Приложение на NN и SOM

Предварителна подготовка на данните

- ▣ Наличните данни представляват регистрирани стойности на над 121 показателя за 161 различни обекта:
- ▣ а/ Качествените (нечислови) стойности са трансформирани в количествени, кодирани с подходящи числа стойности.
- ▣ б/ Ако за дадена площ липсват стойности за всички характеристики от дадена група, то те се запълват със средната стойност на съответните характеристики на останалите площи.
- ▣ в/ Стойностите на всяка характеристика са нормирани, т.е. изобразени в интервала [0 - 1].
- ▣ г/ В резултат на направената предварителна обработка на данните, всяка площ е представена чрез числови стойности на 121 характеристики.
- ▣ д/ Част от данните, свързани с посоките на света са кодирани чрез тригонометричните функции $\sin$ и $\cos$ -

Резултати от прилагането на NN и SOM

В резултат на направената предварителна обработка на данните, всяка площ е представена чрез числови стойности на 122 характеристики. При инициализиране на невронната мрежа данните имат размери f (**feature**)122 и c (**case**)180. Тя има правоъгълна форма. После се генерира невронна мрежа като съвкупност от неврони, организирани в правоъгълна решетка с размери 10/10. Всеки неврон съдържа вектор от 122 числа. В процеса на обучение векторът на даден неврон итеративно се променя от подаваните данни и в резултат може да стане представител на няколко от входните образци или измервания.

Генерирана е двумерна правоъгълна невронна мрежа SOM с размери 10x10, т.е. изградена от сто неврона. Всеки неврон бе инициализиран с вектор от 122 сравнително малки (в интервала от 0 до 0,1) случайни числа.

След това започна процес на самообучение на мрежата, като многократно бяха подавани подготвените данни от наблюденията на вход. В резултат на итеративен процес векторите в невроните на мрежата се модифицират така, че да могат да станат представители на група сходни вектори от входните данни. Постепенно в мрежата се оформят групи от сходни неврони.

Резултати

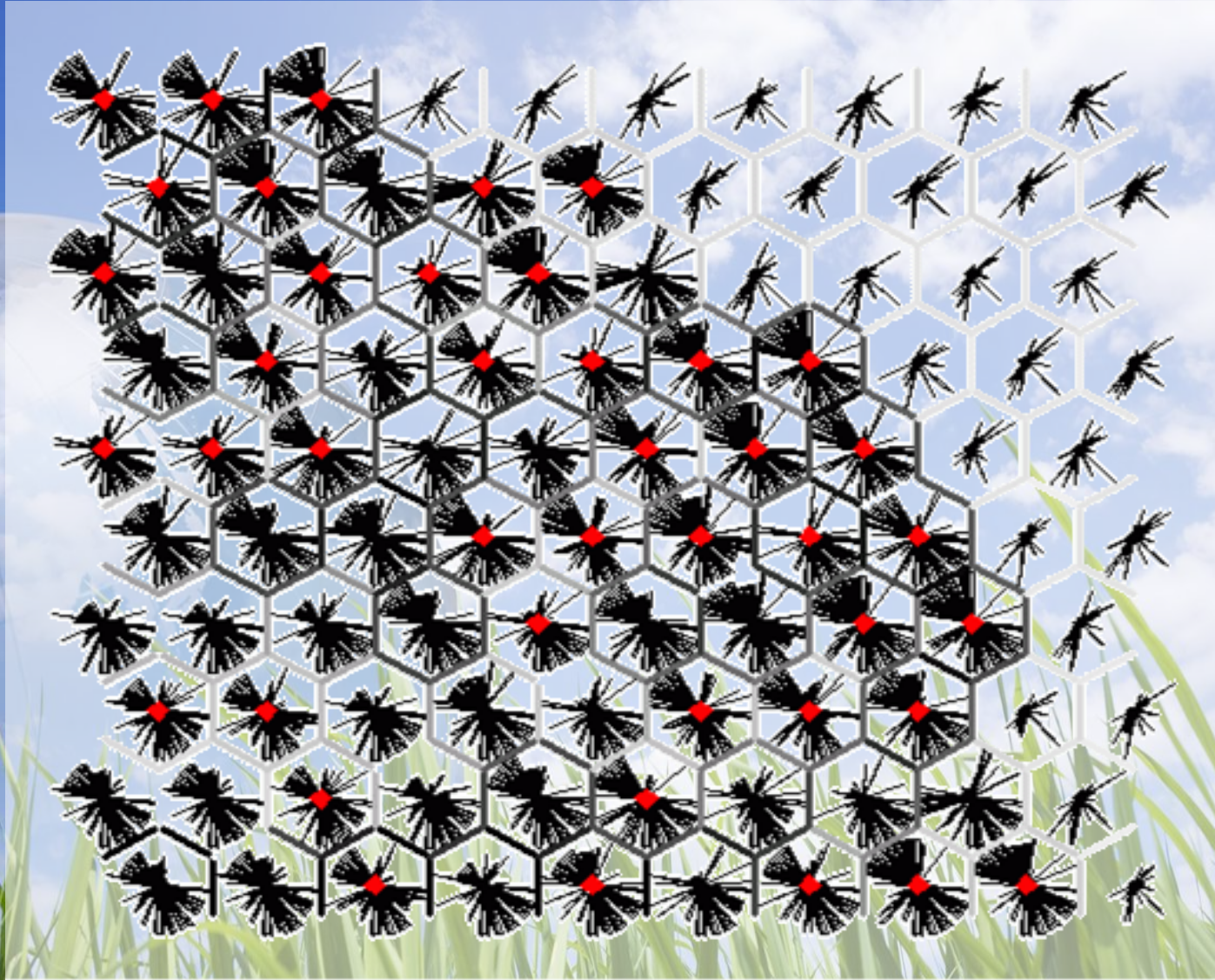
За наблюдаване промените в процеса, визуализираме мрежата като всеки неврон се изобрази във вид на хистограма от тип „звезда“ на неговия вектор.

Освен това системата R пресмята евклидовото разстояние между всеки два съседни неврона, така го визуализираме като линия оцветена в нюанс на сивия цвят. Колкото е по-тъмен цвѳта, толкова по-различни са векторите на двата съседни неврона и обратно – по-светлия цвят говори за по-голямо сходство между тях.

За всеки вектор (наблюдение) от входните данни се намира кой от невроните в мрежата е с най-близък (подобен) вектор. Тогава дефинираме, че входният образец се изобразява в съответния неврон или че невронът е представител на входния образец.

Приложената фигура представя мрежата след известен период на самообучение. С червен ромб в центъра на звездата са означени невроните, в които се изобразяват съответните входните образци.

Генерирана SOM мрежа на изследваните обекти



Резултати и класификация на съобществата

Интерес представляват случаите, когато в един неврон се изобразяват няколко образаца от входните данни, тъй като това говори за тяхното голямо сходство.

Формираха се 41 неврона от групи с подобни (сходни) природни единства според отчетените за тях показатели. Например, от първия ред на таблицата се вижда че в неврон 3 са групирани измервания 13, 14 и 165. Това означава че съответните природни единства, а именно ксеротермната дъбова гора от „Вакарелска планина“, „с. Габра, Софийско“ и в Унгария имат твърде сходни характеристики, т.е. от функционална гледна точка могат да се отнесат към една и съща екосистема.

Оформени са и доста по-многобройни групи от природни единства, например тези от неврон 47 и неврон 81.

Получените групи могат да послужат като основа за бъдещ по-детайлен анализ, който да доведе до по-задълбочено разбиране и откриване на закономерности за подобията и различията в характеристиките на ксеротермните дъбови гори от различни райони в България и класифицирането им за целите на изготвянето на екосистемни модели.

Част от интерпретацията на получените резултати е направена чрез анализ на **дисперсията** на характеристиките на площите във формираните групи.

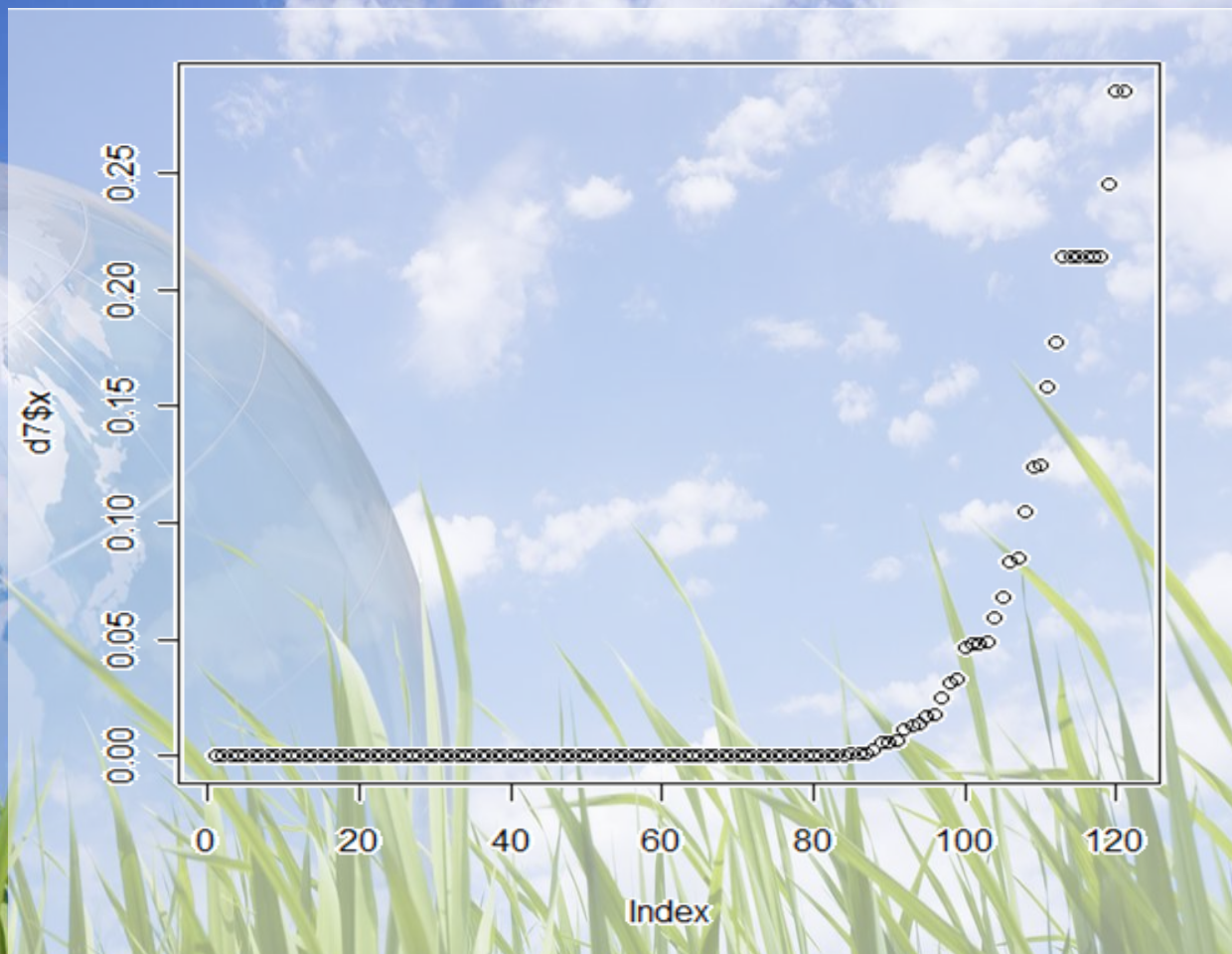
Две трети от характеристиките са с нулева дисперсия, т.е. не търпят промяна в дадената група. Големият брой характеристики с нулева дисперсия се дължи на относително високата степен на липсващи данни, които заместихме със средно аритметичната стойност от наличните данни.

За да открием кои са основните **фактори на сходство**, насочваме вниманието си към характеристики с ниска дисперсия, но също така и с относително нисък дял на липсващи данни в разглежданата група. В група „неврон 7“ такива характеристики са свързаните с местоположение ($f_2 - f_{20}$), а също и f_{25} (**Период на суша, дни**) и f_{23} (**Средна $t, ^\circ\text{C}$**), както и повечето от характеристиките, представящи видовете почви.

От друга страна, **лимитиращите фактори** търсим сред характеристиките с висока дисперсия и нисък дял на липсващи данни. За разглежданата група като такива се открояват f_{71} - **Площ, m^2** , f_{72} – произход издънков, f_{60} (Асоциация Q. Cerris), f_{31} (почви Luvisols) и f_{33} (почви Planosols).

Дисперсия на характеристиките

Част от интерпретацията на получените резултати е анализът на дисперсията на характеристиките на площите във формираните групи.



Заклучение

Получените групи могат да послужат като основа за бъдещ по-детайлен анализ, който да доведе до по-задълбочено разбиране и откриване на закономерности за подобията и различията в характеристиките на ксеротермните дъбови гори от различни райони в България и класифицирането им за целите на изготвянето на екосистемни модели.

В настоящата работа бе използвана невронна мрежа SOM, с която беше обработен корпус публикувани данни в 83 литературни източника и от НМ, включващ 122 измервания на 180 бр. полигони от ксеротермни дъбови гори в различни райони на България.

В резултат на анализа и самообучението на SOM бяха генерирани бр.100 неврони, маркиращи 41 бр. групи от структурно и функционално сходни полигони. На базата на тях бе получена задоволителна класификация на горски фитоценози.

Получените резултати включват визуална топологична карта на данните, както и определянето на сходните групи и могат да послужат като основа за анализ и откриване на закономерности в сходството и различието на ксеротермните дъбови гори от различни райони.

Получените оригинални резултати са основа за екосистемната класификация на ксеротермните дъбови гори в България и последващото им моделиране като структурни и функционални единства на растителната покривка.



Благодаря за вниманието!