



Софийски университет
„Свети Климент Охридски“

БИОЛОГИЧЕСКИ ФАКУЛТЕТ
Катедра „ЕКОЛОГИЯ И ОПАЗВАНЕ НА ПРИРОДНАТА СРЕДА“

ДИПЛОМНА РАБОТА

Тема:

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

Дипломант:

Албена Станева

Фак. № 38847

Научен ръководител: Доц. д-р М. Любенова

Научен рецензент: Д-р А. Шикаланов

Научен консултант: Д-р С. Върбанов

София, 2011

Изказвам най-искренни благодарности на дипломния си ръководител доц.д-р Марияна Любенова, Калина Пачеджиева от СУ "Св.Климент Охридски" и д-р Сергей Върбанов от БАН за оказаната помощ, напътствия и цялостната ми подготовка.

Разработката е част от изследванията по проект: „Приложение на информационните технологии за моделиране на горски екосистеми като подход за развитие на динамични глобални модели на растителността” с ФНИ МОМН с национално съфинансиране към международната COST програма ES0805 - The Terrestrial Biosphere in the Earth System.

СЪДЪРЖАНИЕ

I. Увод	5
1. Екологично значение на горите	5
2. Състояние на горите в световен мащаб	7
II. Цели и задачи	10
III. Литературен обзор	11
1. Състояние на дъбовите гори в България и тяхното значение	11
2. Изследване в България на ксеротермните дъбови гори	15
3. Екосистемно моделиране в България и в чужбина	17
4. Модели с NN /Neural Network/ – невронни мрежи и SOM /Self Organizing map/ и тяхното приложение в екологичното моделиране	20
IV. Обект на изследване	23
1. Климатична характеристика на обектите	23
2. Почвена характеристика на обектите	27
3. Геоботаническа характеристика на обектите	29
4. Еколого - биологична характеристика на доминиращи видове	31
V. Методи на изследване	37
1. Обзор на използваните показатели за структура ксеротермните дъбови екосистеми	37
2. Обзор на използваните функционални показатели ксеротермните дъбови екосистеми	
3. Приложение на NN и SOM	39
VI. Резултати и обсъждане	41
1. Резултати от събирането и обобщаването на информацията относно структурата и функционирането на ксеротермните дъбови гори от изследвания и НС	41

2. Резултати от прилагането на NN и SOM	42
3. Обсъждане на резултатите и класификация на съобществата	47
VII. Заключение	52
VIII. Използвана литература	53
IX. Приложения	57

I. Увод

1. Екологично значение на горите

Горите са най-голямото природно богатство и най-ценния възобновяем природен ресурс на планетата. Те са основното звено на климатичния баланс, от който всички ние зависим.

Значението на горите като екологичен фактор е пряко свързано с намаляване количеството на парниковите газове в атмосферата и борбата с глобалното затопляне.

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 за залесяване или толерирането им при отглеждане на гората. Най-съществено влияние се очаква върху долния лесорастителен пояс и особено в южните части на България, в подобни условия е препоръчително използването главно на местни сухоустойчиви широколистни дървесни видове, които имат по-ниски 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.

Предвид мултифункционалността на горите, тяхната роля на абсорбатори на въглерод е от съществено значение за смекчаване на климатичните промени. Горските екосистеми имат безспорно водещо значение за усвояване на въглерода чрез фотосинтеза. Данните показват, че в растителността са включени над $600 \cdot 10^9 \text{ t}$ въглерод със следното разпределение: $440\text{-}550 \cdot 10^9 \text{ t}$ - горска растителност, $20\text{-}50 \cdot 10^9 \text{ t}$ - тревна растителност, $10\text{-}40 \cdot 10^9 \text{ t}$ - тундра и аридни зони и др. (Olson et al.1983). Сравнително малка част ($1\text{-}45 \cdot 10^9 \text{ t}$) от въглеродния запас е в моретата и океаните.

В световен мащаб проучванията посочват, че въглеродният запас в горите е над $1 \cdot 10^9 \text{ t}$ (Briffa et al.1995).

За България е изчислено, че общо горите произвеждат годишно дървесна биомаса, която съдържа около $22 \text{ Mt CO}_2\text{eq y}^{-1}$ (6 Mt C y^{-1}) (ИАГ).

Човешката дейност води до увеличаване концентрацията на CO_2 в атмосферата в резултат на емисиите при изгарянето на изкопаеми горива (около 30 Gt CO_2 годишно в световен мащаб през 90-те години на 20 век) (Denman et al. 2007). Около половината от емисиите на изгорените изкопаеми горива остават в атмосферата, а останалата част се абсорбират от екосистемите в океаните и върху земната повърхност. По данни на Nabuurs et al.(2007) в световен мащаб, горите и наземната растителност са абсорбирали около $3,3 \text{ Gt CO}_2$ годишно, за периода отчетен между 1993 и 2003 г. (ИАГ).

Общият запас на горите от горския фонд на България към края на 2010 г. възлиза на $643 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ стояща дървесна маса. Средният годишен прираст на дървесина от горите на България възлиза на $14,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Добитите количества дървесина през 2010 г. възлизат на около $5,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Дървесината е не само една от най-старите и най-лесно обработвани суровини, но и една от най-важните по пазарна стойност. Понастоящем използваната дървесина в света надхвърля по пазарната си стойност, тази на добитите въглища с около 60%, а на стоманата и нефта със 100%.

В много от развиващите се страни повече от 80% от потребяваната енергия от хората и индустрията се извлича от горите - във вид на дърва за огрев и дървени въглища.

Горските съобщества също така осигуряват домове, сигурност, поминък и прехраната на $1,6 \cdot 10^9$ души по целия свят от 60 народности.

Горите обхващат 31% от общата земна площ, като в същото време поддържат 80% от сухоземното биологично разнообразие. (WWF).

2. Състояние на горите в световен мащаб

Биоразнообразието в природата е под заплаха поради деградацията на горите и унищожаването им в много места по света. В същото време в някои страни е налице положителна тенденция – започва да се отделя голямо внимание на опазването на горите, тяхното съхраняване и опазването на животинските видове.

Според ФАО за период 2000 и 2010 в света годишно са се унищожили около $13 \cdot 10^6$ ha гори, поради естествени причини или използване за други цели, включително за земеделие. През 90-те години загубите са били повече - по около $16 \cdot 10^6$ ha годишно.

Например обработените снимки от спътник за цялата 2008 г. показват, че са изсечени гори на площ от $12,911 \cdot 10^3 \text{ km}^2$. Според учените намаляването

на площите с гори в Амазония за 2008 г. се равнява на 20-годишна сеч, откакто регионът се наблюдава от космоса. Въпреки, че повече от половината от горите в Амазония (68%) са частна собственост, изсичането е незаконно.

Изсичането на горите в Бразилия, най-вече в джунглите на Амазонка, и мерките за тяхната защита е един от болезнените въпроси както на вътрешната, така и на външната политика на страната. Според източници на правителството и прогнозните данни на Програмата на ООН по околната среда (UNEP), изсичането на горите в Амазония може да коства загуба от 1 трлн. \$. Заради изсичането на горите се увеличават изпаренията не само в Бразилия, но и нейните съседни страни в Южна Америка, а това вече заплашва аграрния сектор в целия регион.

На Бразилия се падат 47,8% от общо изсечените тропически гори на Земята в периода от 2000 до 2005 год. За сравнение в Индонезия, втората държава в света по изсечени гори, се добива дървесина от $7 \cdot 10^3 \text{ km}^2$ годишно, а общата площ на изсечените гори е по-малко от 12,8% от общо изсечените гори в света.(UNEP)

Повече от 1/3 от всички гори се считат за девствени. Освен тропическите гори в тях се включват и областите с най-разнообразните и богати екосистеми. Те покриват 36% от общата горска площ ($1,4 \cdot 10^6 \text{ ha}$), но за десетилетие тяхната площ е намаляла с повече от $40 \cdot 10^6 \text{ ha}$. Девствените гори изчезват преди всичко в Южна Америка, Африка и най-малко в Азия.

Екваториалните и тропически гори не са просто богат на видове биом. Те са сложна екосистема, която оказва влияние върху целия климат на Земята, поради процесите на евапотранспирация. Известно е, че те доставят

над 80% от кислорода на планетата. Тяхното изсичане води не само до измиране на най-богатата флора и фауна на Земята, но и до нарушаване на химическото равновесие, промяна на въздушните течения, носещи топъл въздух от екватора към полюсите и така до пълна природна катастрофа, която ще засегне цялата планета, ще увеличи парниковия ефект и ще причини неизмерими и невиджани щети в глобален мащаб.

Площта на екваториалните и тропически гори сериозно е намаляла през последния един век. По официални данни, докато през 1910 г. те са заемали площ от $35 \cdot 10^6 \text{ km}^2$, през 1950 г. площта им възлиза вече на $32 \cdot 10^6 \text{ km}^2$. От тази 1950 г. насам горите започват да намаляват с нарастващ темп, като само до 1985 г. те губят почти 40% от площта си и се свиват до $21 \cdot 10^6 \text{ km}^2$. И днес продължават да намаляват с не по-малка скорост. По последни данни от края на 2009 г. площта на екваториалните и тропични гори възлиза на малко повече от $15 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ (Уикипедия).

Други заплахи за биологичното разнообразие са и такива явления като управление, което не е в състояние да гарантира устойчивото развитие, изменението на климата, горските пожари, болестите по растенията и вредителите, природните бедствия и появата на агресивни видове растения – всеки един от тези фактори причинява огромни щети на горите в някои страни .

Екологичните поражения от пожари се изразяват в обезлесяване и ерозия на горските почви, унищожаване на уникални находища на ендемични, редки и защитени видове, намаляване на биологичното разнообразие, промяна на водния отток, нарушаване на топлинния и воден баланс на екосистемите.

В същото време площите на горите, определени за опазване на биологичното разнообразие от 1990 г., са се увеличили с повече от $95 \cdot 10^6$ ha. Най-голямо (46%) увеличение на площите на тези гори се наблюдава в периода от 2000 до 2005 г. Днес 12 % от всички гори в света са предназначени главно за опазване на биологичното разнообразие.

II. 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.

За изпълнението на поставената цел бяха набелязани следните научни задачи:

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 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;

7. Обработка и екологичен коментар на получените версии при серийното провеждане на анализа.

III. Литературен обзор

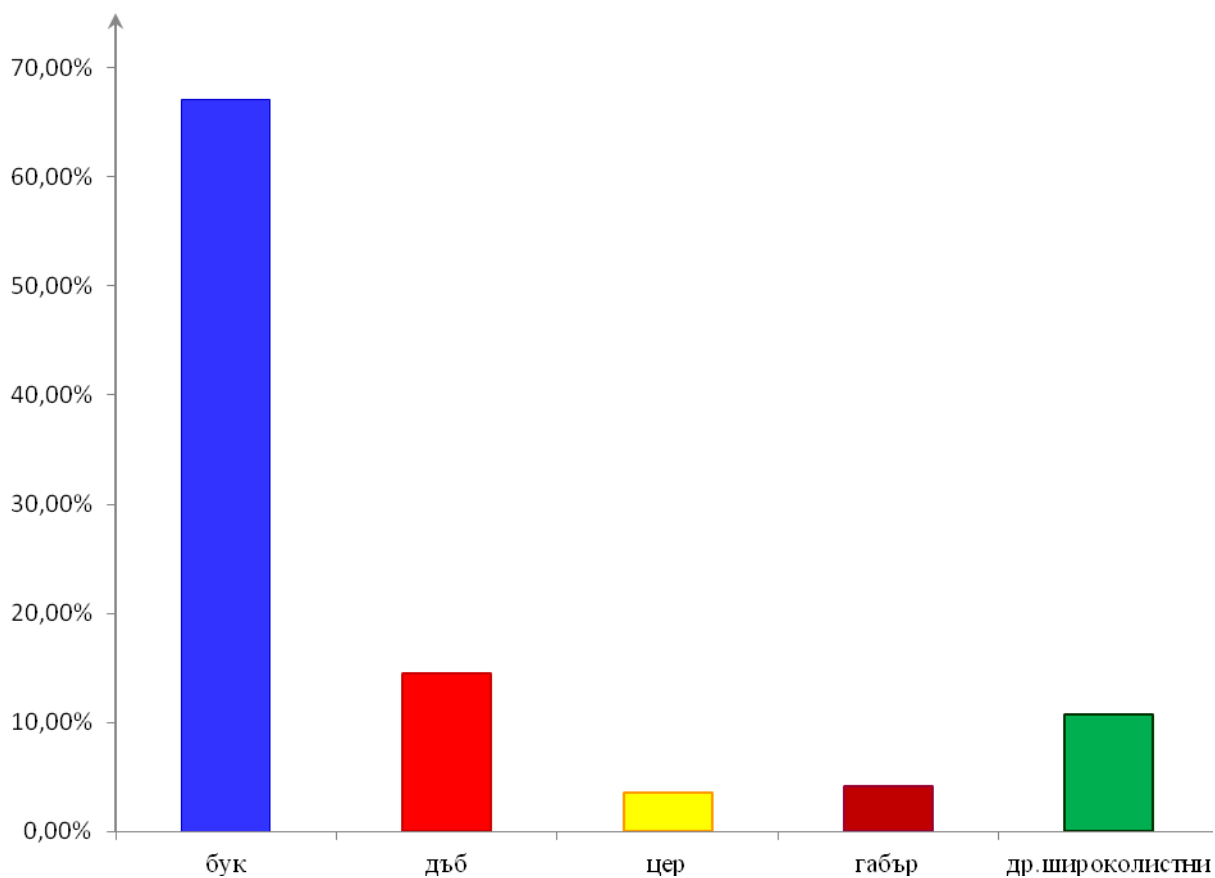
1. Състояние на дъбовите гори в България и тяхното значение

Днес около 35% (160 000 ha) от площта на широколистните гори в нашата страна са покрити с дъбови гори (Любенова 2004).

В миналото видовото разнообразие на р. *Quercus L.* по нашите земи е било много по-голямо. Горите са били формирани главно от 7 вида дъб, 6 вида са участвали като субедификатори и много други видове като примес. Това доказва принадлежността на България към Югоизточната провинция на Средноевропейската флористична област (Любенова 2004).

Дне у нас 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. Те не формират съобщества, а се срещат в единични находища от по 2-3 индивида (Любенова 2004).

В смесените дъбови гори доминират видове, характерни за южна и югоизточна Европа – цер, благун, космат дъб. Те заемат равнинните и хълмисти части на страната. (фиг.1)



Фиг. 1. Процентното съотношение на общия запас на широколистните видове в България

Дъбовите гори са с най-голямо разпространение у нас в долната лесорастителна зона. Силното човешко въздействие е довело до съществени промени в техния състав и площ. Изсичането на вековните гори за икономически цели довежда до невъзвратими загуби на хабитати и унищожаване на уникални екосистеми. Според Маринов и др. (1995), в миналото 77% от територията на България е била покрита с дъбови гори, а през 1990 г. площта им е достигнала $1050,4 \cdot 10^3$ ha. Днес дъбовите гори заемат

32,8% от площта на широколистните гори по разпределение на дървесните видове.

Климатичните условия оказват твърде голямо влияние върху разпространението на дъбовите гори. Според Маринов и др.(1995), в откритите и сухи равнини на хълмисто-предпланинския подпояс на смесените широколистни гори преобладава благуна (*Q. frainetto Ten*) и цер (*Q. cerris L.*), като в тях често се срещат и летен дъб (*Q. robur L.*), космат дъб (*Q. pubescens Willd.*) и по-рядко - горун (*Q. petraea Liebl.*).

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, като главен елемент на естествените екосистеми в основните селскостопански райони на страната, и в бъдеще ще играят голяма роля (Стефанов, Костов 1964; Alexandrov, Rossnev 1993).

През последното десетилетие на миналия век се наблюдава процес на масови повреди по *Q. cerris*, като на места в Североизточна България съхненето е обхванало около 80% от дървостоя (Роснев, Петков 2003).

Около 45% от високостъблените дъбови гори са били засегнати в различна степен от съхнене или изразени суховършия.

Факторите, влияещи върху съхненето на дъбовите гори, посочвани от различните автори, твърде много се припокриват. Съществува периодичност в проявлението на феномена „съхнене”, който се предшества от продължителни или резки, но силни колебания в засушаванията, смятани от повечето автори като основен фактор. Установява се, че до сега са били засегнати от съхнене дъбови гори, предимно от зимен или летен дъб, по-слабо церови и благунови гори и най-слабо от космат дъб.

Дъбовата дървесина съдържа голямо количество танини (до 5%). Тя е трайна, устойчива на гниене и е висококачествено топливо. Кората съдържа до 12% дъбилни вещества и се използва за обработка на кожи. Шикалките са изключително богати на багрила и са били използвани за оцветяване в сив до червен цвят на вълна и коприна. Листната фитомаса съдържа до 30% белтъчини, до 31% скорбяла и до 3% мазнини, поради което е ценен листен фураж (Любенова 2004).

Дъбовите гори имат важна екологична значимост за територията на страната . Те са източник на много други биоресурси – гъби, билки, дивеч и др. Използват се и за пасища поради относително добре развития тревен етаж.

2. Изследвания в България на ксеротермни дъбови гори

Ксеротермните дъбови гори в България са обект на изследване на редица автори: (Бондев, Любенова 1986 – 1998; Любенова 1995 – 2000; Николов 1983-1998; Георгиев 1987 – 1994; Мешинев 1986; Саздов 1995; Богоев 1981;

Ангелов 1986; Димова 2000; Melovski, Mulev 1993; Атанасова 1996; Мирчев1998; Соколовска 2008; Братанова-Дончева 2008; Дончева 2008; Мулев 1994; Дерлиева 1994; Нинов 1995; Юрукова 1990; Лалова 1994; Попов 1999 и др.)

Едно от важните условия за устойчиво управление на горските ресурси е наличието на информация относно факторите, влияещи върху състоянието на горските екосистеми в България. Такава информация се събира в продължение на 20 години чрез изграждане и развитие на Национална система за мониторинг в съответствие с Европейското законодателство.

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. (ИАОС).

Пълното обследване, освен оценка на короната, включва и оценка на почвените условия, хранителния статус, таксационната характеристика, фитоценотичната характеристика и флористичния състав, оценка на климатична и метеорологична информация.

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 (фиг.2) за интензивен горски мониторинг - Старо Оряхово, Витиня и Юндола. (ИАОС)



Фиг.2 Трите стационара за интензивен горски мониторинг

Определящи състоянието на широколистните са уврежданията в дъбовите и церовите гори. Обхванати са значителни площи, увредени са и цели насаждения. Особено силно са засегнати нискостъблените гори от зимен дъб и цер.

В **Таблица 1** (Приложение 1) са представени характеристики на 42 пробни площи на изследвани дъбови асоциации от различни автори и включени в широкомащабния мониторинг за периода 1986 г. – 2010 г.

Анализът на получените резултати показва, че от установените причини за увреждането на горите най-голям дял имат абиотичните фактори, следвани от нападенията от насекоми и гъбни патогени.

Задоволително е състоянието на зимния дъб и благуна (р. 2, 3, 4А), с по-значими увреждания през периодите 1993-1996 г. и 1998-2003 г. Церовите гори са в по-добро състояние, с изключение на тези в Североизточна България (р.3), където след 1994 г. се развива епифитотично *Hypoxylon mediterraneum* по клоните и стъблата на дърветата.

3. Екосистемно моделиране в България и в чужбина

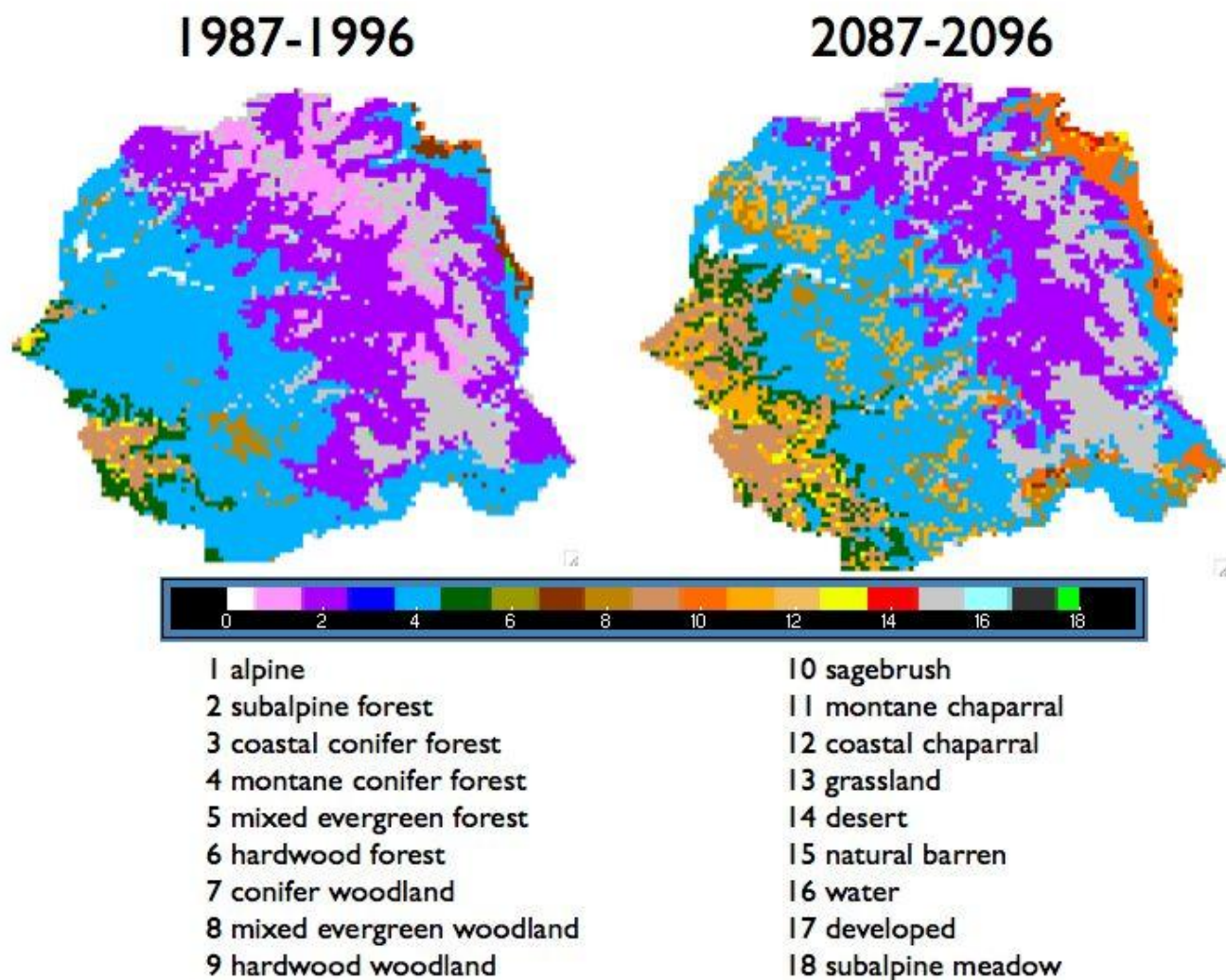
Изучаването на екосистемите, на компонентите на околната среда, на динамиката на тяхното състояние и изменение, както и последствията на това изменение създава необходимост от използване на най-съвременни и ефективни методи и технологии. Такива методи са динамичните глобални модели на растителността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

DGVMs използват възможностите на съвременните компютри и методи на изчисления, за да се даде едно предсказуемо описание на процесите в земните екосистеми, както и да се вземат предварително под внимание познанията, разработени преди това през дългата история на отделни дисциплинарни подходи към изучаването на земната биосфера.

Динамичните глобални модели на растителността (DGVMs) са внесени като практични и екологични реални средства за симулиране промяната на растителността към глобалните климатични модели.

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

Един динамичен глобален модел на растителността (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 се използват най-често за симулиране на ефектите от бъдещи изменения на климата в природата, както и на нейните въглеродни и водни цикли. (фиг.3)



Фиг. 3. Примерна структура на DGVMs

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. Симулациите се извършват на редица пространствени равнища, от глобалните до най-малките. Клетките обикновено са подредени като точки в решетка.

Една от най-важните черти на DGVMs е уникалната възможност да симулират динамиката на растителността. Процесите, свързани със сезонната динамика, включват растителната фенология, растеж и динамика на почвената органична материя.

Повечето DGVMs включват процесо-ориентирани формулировки на биохимичните процеси, като растеж, продуктивност, конкуренция, разпределение на ресурси, смъртност и др. Външното въздействие на DGVMs е провокирано от измененията на климата и земеползването.

Например PFTs (Растителни Функционални Типове) са групи от видове растения обединени от едни и същи природни ресурси, имащи сходно въздействие върху функционирането на екосистемите. PFTs могат да бъдат „включени” или „изключени” в специална мрежова клетка, чрез специфично установяване на функциите при промените на климата. Растителните функционални типове се определят според физиологията на растенията и структурата на растенията (например височина и др.) за всяка мрежова клетка. Всеки PFT е своеобразен модел и се определя от различни оптични, морфологични и физиологични параметри. Редица учени работят върху различни класификации на функционалните типове , като дефинират типовете на функционални, структурни и реактивни. В **Таблица 2** (Приложение 2) са дадени примерни класификации на функционални типове дървета според получени характеристики на стресовите периоди (Lyubenova, Chikalanov 2010).

Индивидуалният и популационен растеж са свързани параметрично чрез въздействието на ресурсите на конкуренцията и от изобилието на растителните видове. Въглеродът, асимилиран от всеки PFT, се разпределя в

неговата биомаса / листа, корени, стебла/, в съответствие със специфичните за него и за продуцента фиксационни коефициенти на усвояване и разпределение.

Възможността да се регулира разпределението на моделите, за да се поддържа баланса между усвояването и използването на ресурсите, е основна характеристика на конкурентните стратегии за растителността. Следователно моделираното разпределение на PFTs в DGVMs, може да бъде повлияно от съответните запаси на надземните и подземните ресурси.

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

Използването на модели е основен подход за оценка производителността и функционирането на екосистемите в бъдеще. Независимо от факта, че е невъзможно да се осигури 100% сигурност на прогнозите, моделите представляват полезен инструмент при дефиниране зоните на уязвимост и при разработване на адаптационни стратегии.(ИА)

Един от основателите на NN (Neural Network) и SOM (Self Organizing Map) е Teuvo Kohonen – професор в Академията на Хелзинки и основател на изследователски център по невронни мрежи (1995).

Други известни автори работили в тази област са - Esa Elhomeni, Yaako Holman, Olli Simula, Yuha Vesanto, J.Freeman, D. Skapura, Neural Networks, Algorithms, Applications and Programming Techniques , D Goldberg, Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning и др. (Уикипедиа)

До този момент у нас невронните мрежи почти не са използвани за изследване на ксеротермни гори. Единствената разработка до момента е

докладвана на Научна Конференция по Екология през 2004 год. на тема: „Използване на невронни мрежи и генетични алгоритми при оценка на състоянието на кестеновите гори в Беласица” от д-р Сергей Върбанов.

Тази публикация представя първите резултати от експериментално използване на *невронна мрежа SOM* (Self-Organizing Map) (Freeman, Kohonen 1995) за визуализация и категоризиране на измерванията, както и *генетични алгоритми* (Goldberg 1989) за изследване на степента на влияние на различните показатели върху състоянието на кестеновите гори в Беласица (Varbanov et al. 2004).

Невронната мрежа е модел за обработка на информация. Невронните мрежи (NN) са група специфични изчислителни модели за обработка на информация. За тях е характерно използването на множество взаимосвързани изкуствени неврони. Често в практиката се използват като нелинейни модели за анализ на данни или инструмент за вземане на решения.

Предимства:

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

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

Невронните мрежи често са адаптивни, което улеснява многократното им използване.

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

Могат да използват множество хетерогенни данни, които нямат аналози в другите, включени в анализа системи, нямат повторяемост и потвърдимост, което е характерно за наличните данни за екосистемите.

Недостатъци:

На повечето невронни мрежи е необходимо обучение или самообучение преди да могат практически да бъдат използвани.

Архитектурата на неврона е различна от тази на микропроцесора, а архитектурата на невронната мрежа е различна от тази на компютъра. Това налага да се използва специфичен софтуер.

Често обучението на големи невронни мрежи изисква значително време.

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* 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.

IV. 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, част от които са представени в таблица 1 (Приложение 1).

1. Климатична характеристика на обектите

Според климатичното райониране (Велев 2002) **68** от изследваните райони се отнасят към **умереноконтиненталната област**. Най-характерните белези на този климат са топло лято и студена зима, голяма годишна амплитуда на температурата на въздуха , пролетно-летен максимум и зимен минимум на валежите и ежегодна сравнително устойчива снежна покривка с различна продължителност в зависимост от надморската височина (табл.3).

Таблица 3. Разпределение на изследваните обекти по показатели на климатично райониране

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

Средните януарски температури в равнинните и хълмистите части на областта са между 0 и 1,5 $^{\circ}\text{C}$, а в планините достигат до -8,0 и -9,0 $^{\circ}\text{C}$.

Абсолютните минимални температури са най-ниски в котловините на Западна Средна България и в Предбалкана. През лятото в областта преобладават тропични и субтропични въздушни маси и средните юлски температури в Дунавската равнина (22 - 24°C) не се различават съществено от тези в Горнотракийската низина.

Валежите са максимални през юни, а минимални – през февруари или март. Годишните суми в равнинните и хълмистите райони са от 520 до 650 mm, а в планините от 750 до 1000 mm. Увеличението е свързано с надморската височина, също и с орографския ефект, особено добре изразен по северния склон на Стара планина.

Крайдунавските низини са местата с най-топло лято в умереноконтиненталната област. Температурните суми през активния вегетационен период достигат 4000° C – колкото и в долината на р. Марица. Поради ниските зимни температури районът е с най-голяма годишна температурна амплитуда в страната - около 24°C. Средната продължителност на безмразовия период в крайдунавските низини е с 15-20 дни по-голяма от останалите райони в Дунавската равнина. В западната част на Дунавската равнина летните температури са малко по-ниски, отколкото в средната и източната част. Средната Дунавска равнина се характеризира с най-ясно изразени - студена зима, топло лято, голяма годишна температурна амплитуда, изразен майско-юнски максимум на валежите, чести температурни инверсии и сравнително къс безмразов период. Скоростта на вятъра в тази част на равнината е най-малка в сравнение с останалите два района. В източната Дунавска равнина зимните температури са по-високи

(средна януарска температура между 0 и -1°C). Твърде съществени са разликите в характеристиките на вятъра.

Районът на Предбалкана се отличава с по-голямото си овлажнение. Валежите са от 750 до 1000 mm и се дължат на орографския ефект на главната Старопланинска верига. Същата е причината и за по-голямото количество облачност и високата относителна влажност. В Стара планина валежите и овлажнението са по-големи, отколкото във всички останали планини у нас, което се обяснява с положението на планината спрямо северните и северозападните океански нахлувания през лятото.

Климатът на Дунавската равнина е умерено топъл и слабо засушлив, а в крайдунавските низини – умерено горещ и засушлив. В Предбалкана и Западна Средна България агроклиматът е топъл и влажен до слабо засушлив. В Предбалкана климатът е топъл до умерено прохладен, влажен, със зима на зимната пшеница и лято на царевицата. Котловините в Западна Средна България имат същия агроклимат, както и Лудогорието.

Към преходно-континенталната област (Велев 2002) се отнасят **18 обекта** (табл.3) от представените изследвания. Характерно за тази област е, че зимата е по-мека в сравнение с тази в умереноконтиненталната климатична област, годишната амплитуда на температурата на въздуха е по-малка, вътрешногодивашният ход на валежите е с два максимума (юли и ноември) и два минимума(август и февруари), снежната покривка в равнинните райони е неустойчива. В западните котловини и долинни разширения климатът е умерено топъл до умерено прохладен, слабо засушлив.

Към континентално-средиземноморската област се отнасят 72 от изследваните обекта според (Велев 2002). (табл.3)

Най-характерните белези на климата са топлото лято и меката зима, сравнително малката годишна температурна амплитуда, есенно зимният максимум на валежите и липсата на ежегодна устойчива снежна покривка в извънпланинските райони. В планинските райони на областта зимните и летните температура са относително по-високи, отколкото в другите две климатични области. Годишните валежни суми са между 500 и 1000 mm, като големите стойности са свързани не толкова с надморската височина, колкото с изложението на склоновете и местоположението на планинските ридове спрямо пътищата на средиземноморските циклони.

В южната част на Източните Родопи режимът на валежите е типичен средиземноморски с голяма валежна сума и изключително суха втора половина на лятото, като годишните суми са колкото във високопланинския пояс на Рила и Пирин. Подобен е режимът на валежите и в Странджа, като за този район е характерна и малката годишна температурна амплитуда (19°C).

Бризовата циркулация налага специфични черти на климата на Черноморското крайбрежие. От друга страна от север на юг различията са твърде големи, особено в овлажняването, което се дължи на голямата близост на Южното Черноморие до пътя на средиземноморските циклони.

2. Почвена характеристика на обектите

Според почвеното райониране на страната (Нинов 2002), разглежданите обекти попадат в Карпатско - Дунавската почвена област и Средиземноморската почвена област, които са съществени части от

Суббореалния и Субтропичния почвен сектор на Европа. Почвеното райониране е четиристепенно – отделят се почвени сектори, области, подобласти и провинции.

Към Западна Дунавска почвена провинция попадат 6 от разглежданите обекти. Тя се характеризира с относително голямо и контрастно почвено разнообразие – черноземи, смолноци, лесивирани, наносни, пясъчни и блатни почви (табл.4).

Таблица 4. Разпределение на изследваните обекти по почвено-географско райониране.

Почвено-географски район Провинция	Брой на изследваните обект обекти	Почвен тип - ФАО
Западна Дунавска	6	Chernozems; Luvisols; Luvisols
Провадийска	24	Chernozems; Luvic Phaenzems
Източно-балканска	6	Luvisols
Лудогорска	8	Luvisols; Phaenzems
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

Към **Провадийска провинция** се отнасят **24** обекта. Характерни за нея са голямата мозаичност на почвената покривка, ерозията и разпространението на рендзини и варовици, които разкъсват масивите на черноземите. Доминират черноземите (Chernozems) и файоземите (Phaeozems).

В **Източнобалканската провинция** има **6** пробни площи. Почвената покривка е от лесивирани (Luvisols) почви.

Към **Лудогорската провинция** се отнасят **8** обекта. Характерни са обширните територии, заети от файоземи (Phaeozems) и лесивирани (Luvisols) почви.

Към **Средна Предбалканска провинция** се отнасят **7** обекта, а към **Западна Предбалканска провинция** – **5** обекта. Доминират лесивираните (Luvisols) почви, а така също и планосолите (Planosols).

В **Софийско-Крайщанска провинция** попадат **29** от изследваните обекта. По ниските планини, хълмове и ридове доминират плитките почви (Leptosols) и лесивирани (Luvisols) почви. В котловините и покрай реките са разпространени смолници (Vertisols) и наноси (Flivisols), а също делувиални (Colluviosols) почви и планосоли (кисели – dystric, Pl).

Към **Среднотракийска – Тунджанска провинция** се отнасят **28** обекта. Западната ѝ част е заета от наносни почви (Flivisols), блатни (Gleyisols) почви и солонци-солончащи. Източната част на провинцията е почти изцяло покрита със смолници (Vertisols), но има и лесивирани почви.

Към **Странджанска провинция** попадат **29** от обектите. Към **Средногорска** – **6** обекта, към **Струмско –Местенска** **9** обекта, където почвената покривка е изградена от плитки почви (Leptosols) и канелени почви (Chromic Cambisols).

3. Геоботаническа характеристика на обектите

Разгледаните 158 обекта попадат в 19 окръга според геоботаническото райониране (Бондев, 2002). (табл.5)

Таблица 5. Разпределение на изследваните обекти по геоботаническо райониране

№	Геоботаническо райониране	Брой 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 crataegofestucosum

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	Стралджанско 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

Изследваните райони (19-те окръга) от публикациите попадат и в трите растителни области (Бондев 1982) – Европейска широколистна горска област, Евроазиатска степна и лесостепна област и Средиземноморска склерофилна горска област.

Европейската широколистна горска област се характеризира с растителност на умерена зона, с основна коренна (самобитна) растителност, представена от широколистни, летнозелени, листопадни през зимата гори, предимно от европейски и европейскоазиатски произход, с преобладаване в тях на над 180 вида и подвида дървета и храсти.

Евроазиатска степна и лесостепна област се характеризира с остепнени под влиянието на човека ксеротермни, главно дъбови гори. В различни части на страната върху варовити терени на мястото на унищожени

гори се е настанила вторична тревна растителност с участието и на степни флорни елементи.

Средиземноморска склерофилна горска област. Границата на областта се определя по разпространението на склерофилни вечнозелени горски формации, най-вече на скалния дъб (*Quercus ilex*) и на маслината (*Olea europaea*).

4. Еколого-биологична характеристика на доминиращи видове

Доминиращи изследвани асоциации в настоящата разработка са тези на цер (*Q. cerris*), благун (*Q. frainetto* Ten.) , космат дъб (*Q. pubescens* Willd.), горун (*Q. dalechampii* Ten).

Церът (Q. cerris L.) е широколистно листопадно дърво със силно развита коренова система, която прониква дълбоко в земята. Съобществата на цера (Любенова 2004) са разпространени в цялата страна (900-1000 m надм.в.). Общата им площ е около 234000 ha. Най-големи площи заемат в Северна България, Източна Стара планина, Странджа, Западните гранични планини. Най-разпространени са смесените благуново-церови гори.

Церът е сравнително непретенциозен към условията на средата, издържа както на високи, така и на ниски температури. Все пак, при ниски температури получава повреди, наречени "мразобойни", които се свеждат до замръзване на водата в тъканите му и образуване на пукнатини по стъблото, през които пукнатини след това навлизат патогенни организми. Расте при почти всякакви почви, но най-добре се развива в сиви горски почви и канелени горски почви. Церът е сухоустойчив вид и се развива оптимално в по-сухи и топли условия.

Церът е взискателен към светлина и топлина и е най-бързо растящият вид от всички дъбове, но дървесината му бързо се разлага, поради което се смята за стопански малоценен вид (Любенова 2004).

На височина церът достига до 30 - 35 метра. Кората му е много характерна, сиво-черна на цвят и дълбоко и грубо напукана. Листата на цера са прости и продълговати, нарязани на няколко странични дяла. На дължина достигат до 15 см, а на ширина до 7 - 8 см. Всеки лист има от 5 до 10 двойки странични жилки, като всяка жилка завършва в заострения край на листните дялове. Листата са тъмнозелени отгоре и по-светли отдолу. Покрити са със звездовидни власинки.

Много характерна особеност на цера са трайните шиловидни израстъци около пъпките, които се запазват през цялата година и по тях той много лесно се отличава от всички останали наши дъбове. Церът е еднодомно растение, което означава, че и мъжките и женските цветове са разположени върху едно и също дърво. Женските са събрани на групи по 2-4, а мъжките са събрани в съцветия реси. Околоцветникът на всеки мъжки цвят е образуван от 5 - 6 сраснали жълто-зелени листчета. Всеки мъжки цвят има от 4 до 6 тичинки. Женските цветове имат напълно сраснал околоцветник, който е зелен на цвят, а самите цветове в момента на цъфтежа са малиновочервени.

За разлика от повечето други наши дъбове (обикновен дъб, горун, космат дъб, благун), плодовете на цера узряват не за една, а за две години. Те са продълговати и светлокафяви на цвят жълди. Пределната възраст на цера е 600 - 700 г. Дървесината на цера не е широко използвана. Това се дължи на факта, че тя е сравнително нетрайна и има характерна неприятна миризма. Освен това, за разлика от тази на другите дъбове, тя няма ядро. Става

приложима, ако се обработи с химически средства. Жълдите на цера се използват за храна от някои животни.

Благуният (*Q. frainetto* Ten.) е един от най ценните представители на род *Quercus* в България. Поради своята сухоустойчивост, благуният може да се изпозва успешно за залесяване на по-сухи и топли места. Смесените гори от цер и благун са най-широко разпространени в България. Значението на тези гори би се увеличило още, ако започнат да се събдват прогнозите за ксерофитизация на климата. (Попов 1999)

Съобществата на благуна са разпространени в България до 800 – 900 m надм.в. Заемат ½ от общата площ на дъбовите гори предимно в Северна, Източна България, Източните Родопи и Струмската долина. Отнасят се към коренната ксерофитна растителност, основен елемент са на горската растителност в равнините, хълмистите части и предпланините на ксеротермния дъбов пояс. (Любенова 2004)

Бондев (1991) разпределя растителността в България в 150 картируеми единици. Благуният (*Q. frainetto* Ten.) участва в 15, като в 6 от тях е доминантен вид.

При благуна е установен полиморфизъм по отношение дължината на дръжката на листата, формата на основата, големината на нарязаността на листната петура, дължината на плодните дръжки, броя на жълдите, напукването на кората и др. (Добринов и др. 1982)

Ганчев, Бондев (1966) са описали два вариетета и 10 форми на благуна в зависимост от формата и размерите на листната петура, които обаче не са напълно проучени в екологично отношение.

Горилов, Стойков (1979) установяват в Странджа три екологични форми при благуна: мезофилна, правостъблена тънкокора форма, мезоксерофитна форма и ксерофитна, кривостъблена дебелокора форма.

Определянето на правостъблени форми при благуна е от съществено значение поради ниската им честота на срещаемост. Кривостъблеността е характерна особеност на този вид, което според Рангелов (1965) се дължи на топлолюбие то му. Видът не може да издържа екстремно ниските температури през пролетта. Върхните пъпки на току-що развилите се леторасли загиват от мразовете и се заместват от странични клонки или спящи пъпки. У нас 43 благунови дървета са с защитетен статут „Вековно дърво”. (Александров и др. 1998) В старната преобладават смесените семепроизводителни насаждения от благун. С най-високи запаси от благун са държавните лесничейства Старо Оряхово и Несебър. С най-високи стойности за таксационните показатели диаметър и височина са семепроизводителните насаждения в държавните лесничейства Старо Оряхово, Граматиково, Айтос, Ново Паничарево. Това са и едни от най-възрастните насаждения у нас. (Попов 1999)

Космат дъб (Q. pubescens Willd.)

Съобществата на косматият дъб са разпространени в цялата страна до 500 – 600 m надм.в. Характерни са за пояса на ксеротермните дъбови гори. По-големи площи покриват в Южна, Източна България – основно в Тракийската низина, Източните Родопи, Черноморското крайбрежие и по долините на реките Струма и Места. (Любенова 2004) Горите са разреждени, светли и в различна степен на антропогенна деградация. Във видовия им състав участват много дървесни, тревни и храстови видове, които проникват от околните гори, храсталаци, поляни и открити скалисти терени. Сред тях

има както широко разпространени в състава на ксеротермните съобщества в България видове, така и такива, които са с южен (средиземноморски) произход. Броят на последните е най-голям в най-южните части на страната, особено в Източни Родопи и по долината на р. Струма. Дървесният етаж, в който косматият дъб доминира или съдоминира, достига височина най-често 5–6 m. Дърветата са разклонени и често кривостъблени. Горите от косматия дъб по ниските възвишения в Тракийската низина, Тунджанската равнина и по южните склонове на Средна гора (Старозагорско), които се развиват в условията на преходно-континентален климат, показват смесени характеристики между континенталните и средиземноморските съобщества.

Горите от космат дъб се срещат в комплекси с другите ксеротермни дъбови гори, основно на благуна (*Quercus frainetto*), на келявия габър (*Carpinus orientalis*), а в Кресненското дефиле – на дървовидната хвойна (*Juniperus excelsa*).

Обикновено при деградацията на ксеротермните гори на космат дъб, се формират вторични ценози на келяв габър, смрадлика, червена хвойна и много често – на драка.

Горун (Quercus dalechampii T.Ten)

Съобществата на горуна са разпространени при разнообразни екологични условия от 300 – 400 m надм.в. и заемат около 450000 ha площ. Те са разпространени във всички наши планини с изключение на Странджа и Източна Стара планина. Елемент са на габърво-горуновия пояс и принадлежат към мезофитната коренна растителност. Граничат с пояса на буковите гори и понякога навлизат в този пояс. На горната граница на горуновия пояс в дървостоя се среща близкият на горуна вид *Q.petraea*(скален дъб), по-слабо разпространен у нас вид. (Любенова 2004)

Горунът е дърво от първа величина и може да достигне височина повече от 40 m и диаметър над 1 m. Короната е мощна, както при обикновения дъб, но е по-тясна и с по-правилно разположени странични разклонения. Кората е тъмносива, по-тънка и по-плитко напукана от кората на цера. Младите клонки са сиво-зелени или сиво-кафяви, голи и равномерно облистени. Пъпките също са голи, но са малко по-дълги и по-заострени от тези на цера. Листата са прости, обратно яйцевидни, с дължина от 8 до 12 cm и широчина от 5 до 7 cm. Нарязването е най-дълбоко в средата на листната петура. Жълдите са удълженояйцевидни, дълги от 1,5 до 3,5 cm, но за разлика от тези на цера нямат надлъжни черти. Растежът в млада възраст е бавен, но до 40-годишна възраст горунът превъзхожда цера. Пределната си височина достига около 150-годишна възраст, а дърветата на възраст повече от 600 години са голяма рядкост. Плододаването започва сравнително късно. При единично растящите дървета за първи път плодове се образуват към 25-годишна възраст, а в насаждения - след 70-тата година. Горунът е студоустойчив, но отстъпва на цера в това отношение. Страда по-малко от късните пролетни студове, тъй като започва развитието си около две седмици по-късно от обикновения дъб. Горунът е по-невзискателен към почвените условия. Той понася и варовика, но най-добър растеж показва на дълбоки, умерено влажни почви. Много по-взискателен е към атмосферната влажност.

Участва в състава на смесените гори заедно с останалите местни видове от същия род, габърите, ясените, мъждряна и др. Понякога образува смесени насаждения с черния бор. Дървесината е ядрова, а физико-механичните й свойства в голяма степен зависят от условията на месторастене и от възрастта на дърветата. Тя наподобява дървесината на обикновения дъб и намира същото приложение.

V. Методи на изследване

Моделите са изработени на базата на информация от изследвания на десет типа доминиращи горски съобщества, извършени в периода 1976 – 2010 год., представени в 83 публикации.

Информацията включва данни за структурата и функционирането на ксеротермни дъбови горски съобществата.

1. Обзор на използваните показатели за структура на ксеротермните дъбови екосистеми

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.

Тези показатели са изследвани по класическите методи (по Любенова 2004) – Приложение 3, **Таблица 6.**

Оценката за обилието на растителните видове е по Braun-Blanquet, а за срещаемостта - по Уранов (1964).

2. Обзор на използваните функционални показатели на ксеротермните дъбови екосистеми

Използвани са показателите: 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 макроелементи във фракциите. Функционалните методи за изследване на тези показатели са съобразно приетата методология на Базилевич и Родин(1968), Молчанов и Смирнов(1967), Воробъев(1967) (по Любенова 2009).

При изчисляване на фитомасата – запаси и годишна продукция са спазвани методичните указания на Родин(1968), Молчанов и Смирнов(1967) и Chapman (1976). Количеството постилка, опадъчно-постилъчния коефициент и интензивността на кръговрата са определяни по Воробъев (1967).

Изследванията върху биологичната продуктивност и кръговрата на химичните елементи в системата фитоценоза-почва са по (Родин, Базилевич 1965; Базилевич, Родин 1971; Ovington 1962; Duvigneaud 1968; Gode, Rapp 1981).

3. Приложение на NN и SOM. В настоящата работа модела *SOM* (Self-Organizing Map) от невронните мрежи NN (Neural Network) е използван при анализа на данни за ксеротермни гори в ролята на средствата за многомерно скалиране, визуализация и евристично определяне степента на влияние на различните групи характеристики върху състоянието на горите. Прилагането на метода е извършено в следната последователност:

А. 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**.

Б. 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 - (табл.7).

Табл. 7. Кодиране на данните за посоките на света

Посока	Sin	Cos
С	0	1
СИ	0,7	0,7
И	1	0
ЮИ	0,7	-0,7
Ю	0	-1

ЮЗ	-0,7	-0,7
З	-1	0
СЗ	-0,7	0,7

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. Част от интерпретацията на получените резултати е направена чрез анализ на дисперсията на характеристиките на площите във формираните групи. Дисперсията на характеристика x , пресмятаме по добре познатата от статистиката формула: $D[x]=\sum \frac{(x-mean(x))^2}{length(x)-1}$, където x е векторът на стойностите на характеристиката, $mean(x)$ е тяхното средно аритметично, $length(x)$ е броят на елементите в x .

VI. Резултати и обсъждане

1. Резултати от събирането и обобщаването на информацията относно структурата и функционирането на ксеротермните дъбови гори от изследвания и НСМ – табл. 6 (Приложение 3)

От представените данни в таблица 6 за структурата и функционирането на ксеротермните дъбови гори в България, обобщени на базата на открити и

прегледани 83 научни публикации и данните от широкомащабния мониторинг на Националната система по мониторинг (ИАОС), могат да се дефинират следните обобщени резултати за включените в процеса на моделирането параметри:

1. Най-голям брой от изследваните полигони (72) попадат в климатично отношение в южнобългарската климатична подобласт на континентално-средиземноморската област. Средните годишни температури варират от $11,3^{\circ}$ до $12,5^{\circ}$ С. Годишната сума на валежите е от 530 до 650 mm. Почвообразуващите скали са разнообразни – гнайси, гранит, гранитогнайси, слюдени шисти, пясъчници и варовици.

Горските съобщества са с едификатор благуни или цер. Произходът им е предимно издънков, а бонитета варира от I-ви до V-ти. Средната възраст на дървостойките (благуни и цер) е в широк диапазон - от 30 до 165 години. Средният диаметър е от 6 до 43 cm, а средната височина - от 4 до 29 m. Склопът варира от 0,65 до 0,8. Най-голяма надземна маса от изследваните обекти е отчетена в Перла/Приморско/ - $190,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Нинов 1995). Най-голяма надземна продукция е отчетена в Камчийска планина от асоциация *Q.cerris.+Q.fraineto* – $14,88 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Lyubenova, M., I. Bondev 1998). Няма данни за изследване на съдържанието на макро- и микроелементи от изследваните полигони в тази климатична подобласт.

2. Много от изследвани полигони (68) попадат в умерено континенталната област. Средната годишна температура варира от 8.0 до $11,5^{\circ}$ С, а средната годишната сума на валежите - от 578 до 1050 mm. Почвообразуващите скали за тези полигони са гранит, пясъчници, варовици, мергели и др. Почвите са предимно кафяви горски, рогосоли и делувиални. Изследваните горски асоциации са най-разнообразни : благуново-церова; на

червен дъб; на цер и сребролистна липа; на горун; на горун и келяв габър; на благуна, цер, глог и горски късокрак; на благуна, цер, горска власатка и горска повевица и др. Произходът им е естествен/издънков и семенен. Бонитетът е от I-ви до V-ти клас. Средната възраст на изследваните дървета е от 27 до 80 години. Най-голяма надземна маса от всички изследвани обекти е отчетена в Божурица, Видин от асоциация *Q.cerris.+Q.fraineto* - 279 t.ha⁻¹ (Лалова 1994), както и най-голям запас на дървесина от 339 m³(Лалова 1994) . Изследвано е съдържанието на макроелементите - Ca, K, Mg, N, P в различни фракции фитомаса - опада на листата, многогодишните клони, кората, дървесината и тревите от благунови асоциации (Любенова, М., Я.Саздов 1995.) Изследвани са също и микроелементите Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, Cd, Co, Sr в церови полигони от Девня за 2 фракции фитомаса - листа и едногодишни клони (Гатева 1994).

3. Публикациите представят данни и за 18 полигона от преходно-континенталната област. Средните годишни температури за тези полигони варират от 10⁰ до 12,9⁰, средната годишна сума на валежите варира от 554 до 644 mm, периодите на засушаване са между 80 -120 дни. Почвообразуващите скали са гнайси гранит, риолит и мергели. Почвите са лесивирани и кафяви горски. Изследвани са асоциации на цер, благуна и космат дъб със смрадлика и садина. Средната възраст на дървостойте е от 40 до 125 години, а склопа варира от 0,7 до 0,9. Бонитетът е висок - I-ви или II-ри. Произходът е семенен и издънков. Най-голяма надземна маса е отчетена в Конушка курия, Пловдив – 113,8 t.ha⁻¹ *Q.pubescens- Q.frainetto* (Нинов 1995). Подземната биомаса е 56, 7 t.ha⁻¹ и 17, а МОВ – 78, 7 t.ha⁻¹. В същия регион е отчетена годишна продукция на кислород 8,47 t.ha⁻¹. Няма данни за съдържание на макро- и

микроелементи във фитомасата на горите от изследваните полигони в тази климатична подобласт.

2. Резултати от прилагането на NN и SOM

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.

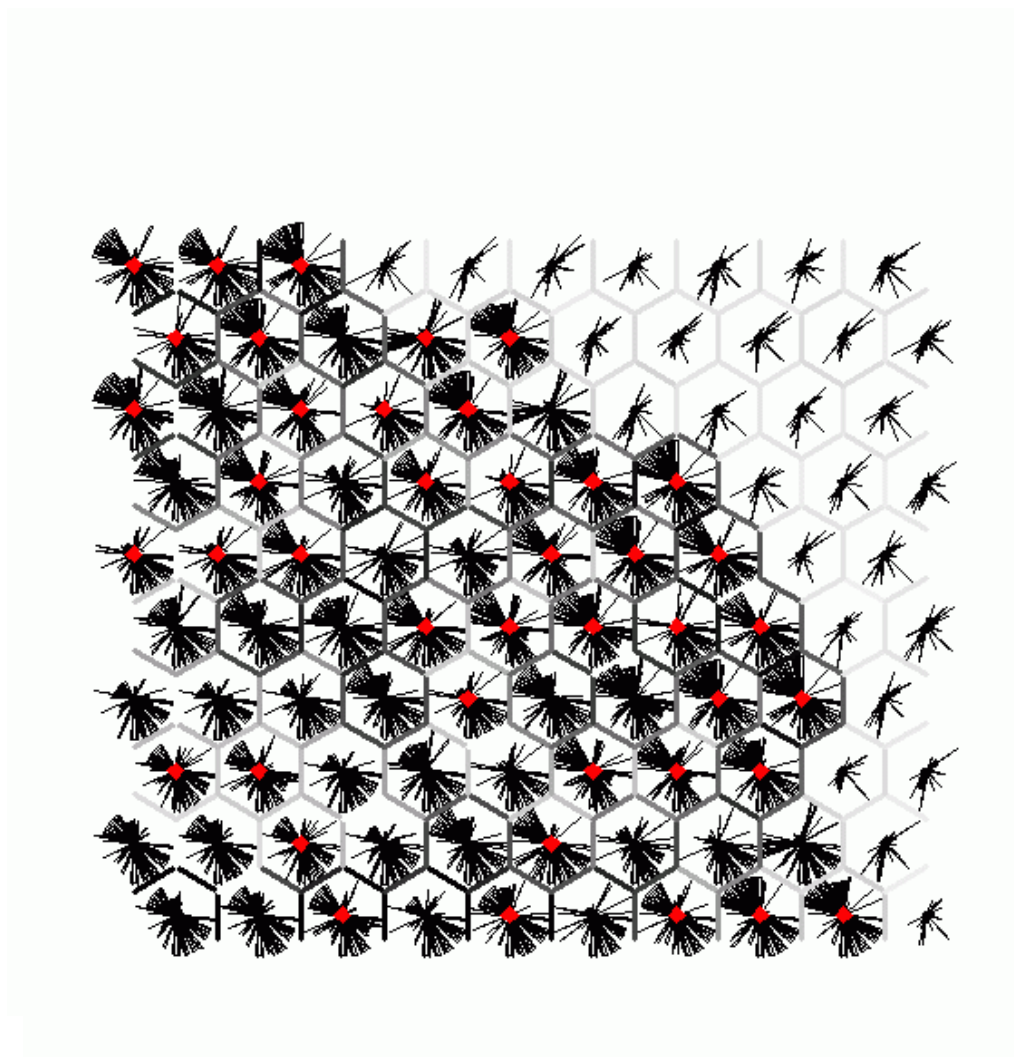
След това започна процес на самообучение на мрежата, като многократно бяха подавани подготвените данни от наблюденията на вход. В резултат на итеративен процес векторите в невроните на мрежата се модифицират така, че да могат да станат представители на група сходни вектори от входните данни. Постепенно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

За наблюдаване промените в процеса, визуализираме мрежата като всеки неврон се изобрази във вид на хистограма от тип „звезда“ на неговия вектор. (фиг.4)

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 цвят, 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.



Фиг. 4. Генерирана SOM мрежа на изследваните обекти

Интерес представляват случаите, когато в един неврон се изобразяват няколко образца от входните данни, тъй като това говори за тяхното голямо сходство.(таблица 8)

Таблица 8.

Неврони, които обединяват сходни измервания	Групи от сходни природни единства
"Неврон" 3	Наблюдения: 13, 14, 165
"Неврон" 5	Наблюдения: 161
"Неврон" 7	Наблюдения: 6, 8, 22, 24, 25, 31, 32, 109
"Неврон" 8	Наблюдения: 113, 115, 118, 124, 126, 130, 137, 140, 146, 151, 153, 154, 157
„Неврон" 9	Наблюдения: 100, 147, 164
"Неврон" 13	Наблюдения: 28, 30, 166
"Неврон" 16	Наблюдения: 37, 39, 171, 172, 176
"Неврон" 21	Наблюдения: 29
"Неврон" 22	Наблюдения: 33
"Неврон" 26	Наблюдения: 20, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 49
"Неврон" 27	Наблюдения: 35, 36
"Неврон" 28	Наблюдения: 155
"Неврон" 35	Наблюдения: 21, 72
"Неврон" 38	Наблюдения: 125, 128, 131, 159, 167
"Неврон" 39	Наблюдения: 23, 38, 51, 52, 55
"Неврон" 44	Наблюдения: 40, 170
"Неврон" 45	Наблюдения: 44, 50
"Неврон" 46	Наблюдения: 112, 135
"Неврон" 47	Наблюдения: 58, 59, 61, 62, 63, 65, 67, 73, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 89, 92, 93, 97, 98, 99
"Неврон" 48	Наблюдения: 2, 12, 179, 180
"Неврон" 51	Наблюдения: 69
"Неврон" 52	Наблюдения: 70, 104, 105
" Неврон " 56	Наблюдения: 111
"Неврон" 57	Наблюдения: 103, 117, 120, 121, 123, 143, 144, 160
"Неврон" 58	Наблюдения: 3, 177, 178
"Неврон" 62	Наблюдения: 48
"Неврон" 64	Наблюдения: 1, 4, 5, 7, 17, 18

"Неврон" 65	Наблюдения: 108
"Неврон" 66	Наблюдения: 136, 148
"Неврон" 67	Наблюдения: 53, 57
"Неврон" 71	Наблюдения: 110
"Неврон" 73	Наблюдения: 34
"Неврон" 74	Наблюдения: 16, 19, 27, 106
"Неврон" 75	Наблюдения: 102, 127, 132, 138, 141, 145, 149, 156, 162, 163
"Неврон" 81	Наблюдения: 60, 64, 66, 68, 71, 74, 75, 76, 85, 88, 90, 91, 94, 95, 96, 107
"Неврон" 82	Наблюдения: 101, 122, 129, 133, 134, 142, 150, 152, 158
"Неврон" 84	Наблюдения: 26
"Неврон" 85	Наблюдения: 114, 116, 119, 139, 168
"Неврон" 91	Наблюдения: 9, 11, 175
"Неврон" 92	Наблюдения: 10
"Неврон" 93	Наблюдения: 54, 56

3. Обсъждане на резултатите и класификация на съобществата

В дясната колона на представената таблица са формираните групи от 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.

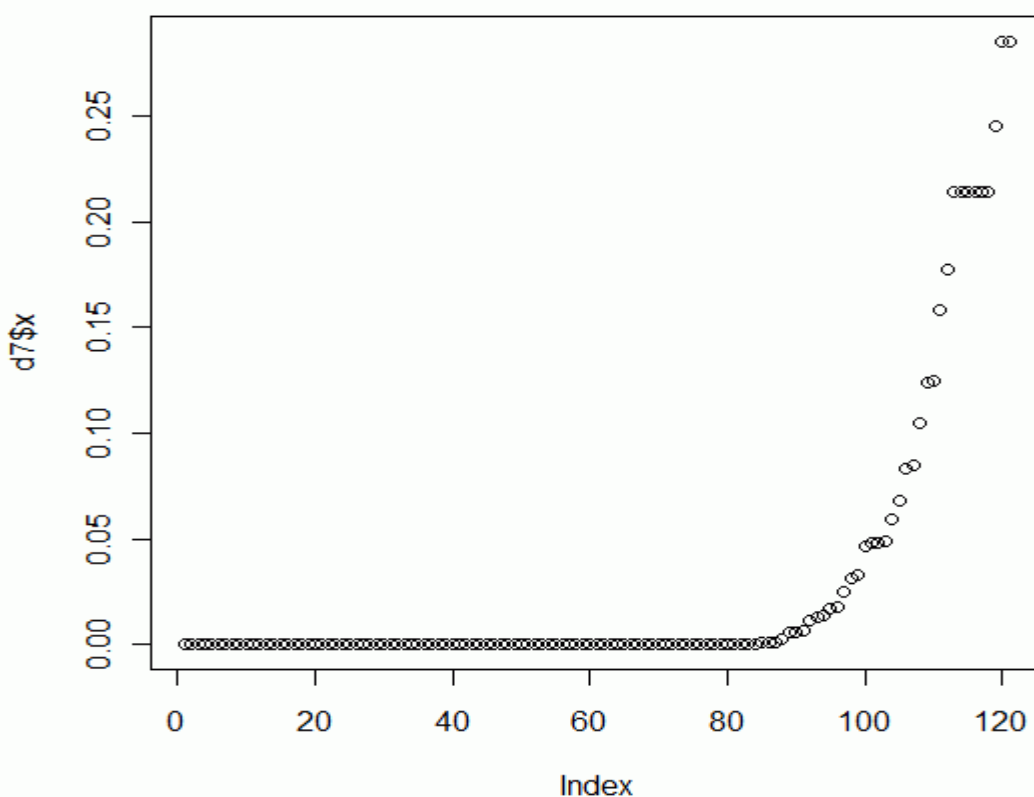
Получените групи могат да послужат като основа за бъдещ по-детайлен анализ, който да доведе до по-задълбочено разбиране и откриване на

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.

Дисперсия на характеристиките.

След пресмятането на дисперсията на всички характеристики и сортирането на резултатите напр. за групата на неврон 7 е получено следното разпределение :

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.



Фиг. 5 *Дисперсия на характеристиките за неврон 7*

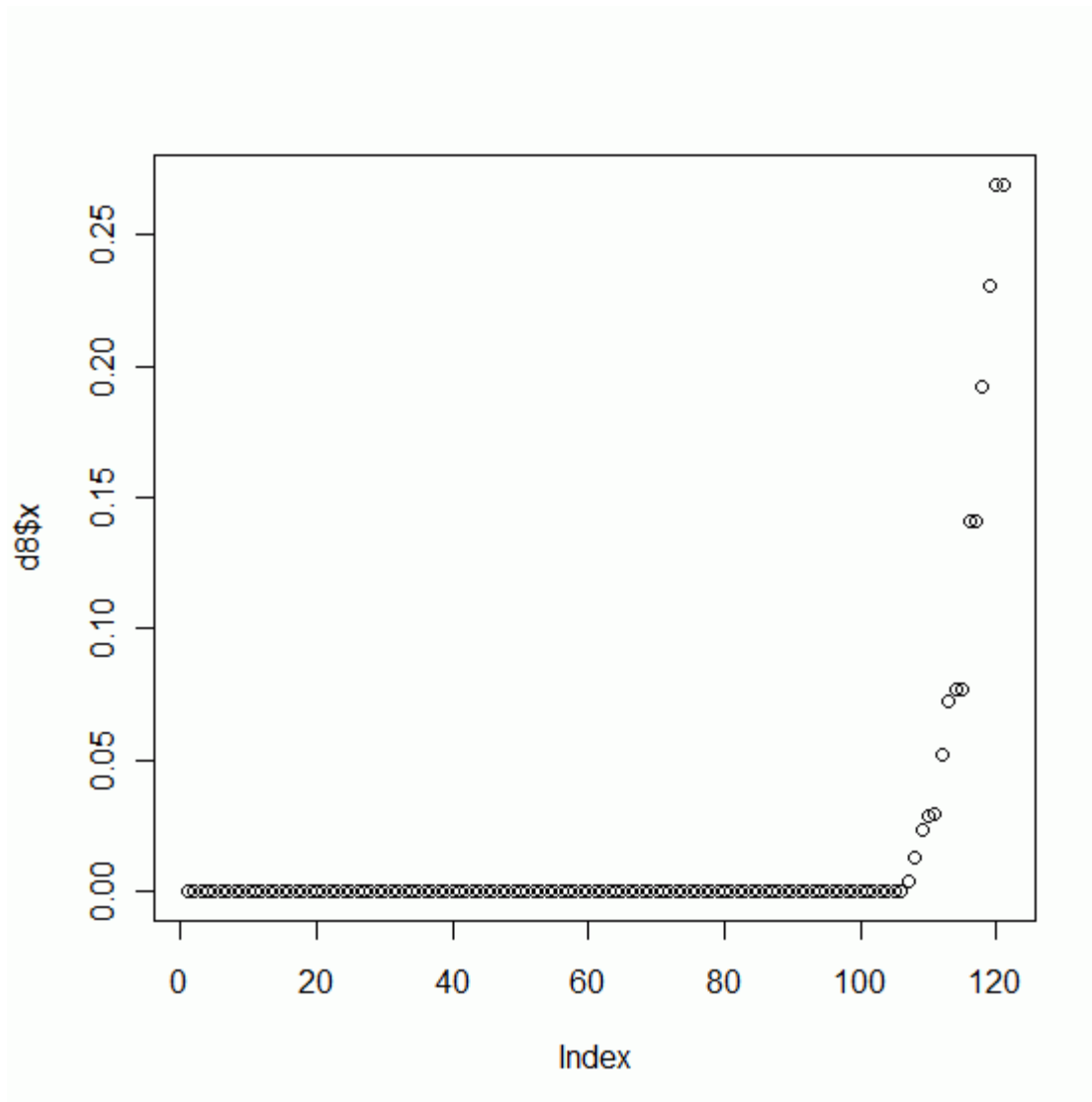
Заоткриването на основните **фактори на сходство между изследваните фитоценози** са анализирани характеристиките с ниска дисперсия, но също така и с относително нисък дял на липсващи данни в разглежданата група. Тези фактори имат основно класификационно значение за сортиране на фитоценозите във функционално отношение. В група „неврон 7“ такива характеристики са свързаните с местоположението (f2 – f20), климата - f25 (**Период на суша, дни**) и f23 (**Средна t,°C**), както и повечето от характеристиките, представящи видовете почви.

От друга страна, **лимитиращите фактори** за функционалното състояние на ксеротермните дъбови фитоценози са търсени сред характеристиките с висока дисперсия и нисък дял на липсващи данни.

Лимитиращите фактори са подбрани като от всяка група са разгледани 5-6 от тях с най-голяма дисперсия. Отпадат тези, които имат голям дял липсващи данни. Дисперсията е смятана за всяка група поотделно. Напр. за неврони 7 и 8 лимитиращите са с дисперсия над 0.2, а формиращите - под 0.02; за неврон 47 лимитиращите са над 0.15, а формиращите под 0.02. Дисперсията по екологични фактори и характеристики, както и вероятностите това групиране да е вярно в % са дадени в Приложение 4, Табл. 7.

За разглежданата група от неврон 7, като лимитиращи се открояват следните характеристики и екологични фактори: f71 - **Площ, m² на фитоценозите**, f72 – произход – семенен или издънков, f60 - видов състав на съобществата, f31 и f33 – почвен тип.

Подобна е и картината с групата на неврон 8 – фиг.6

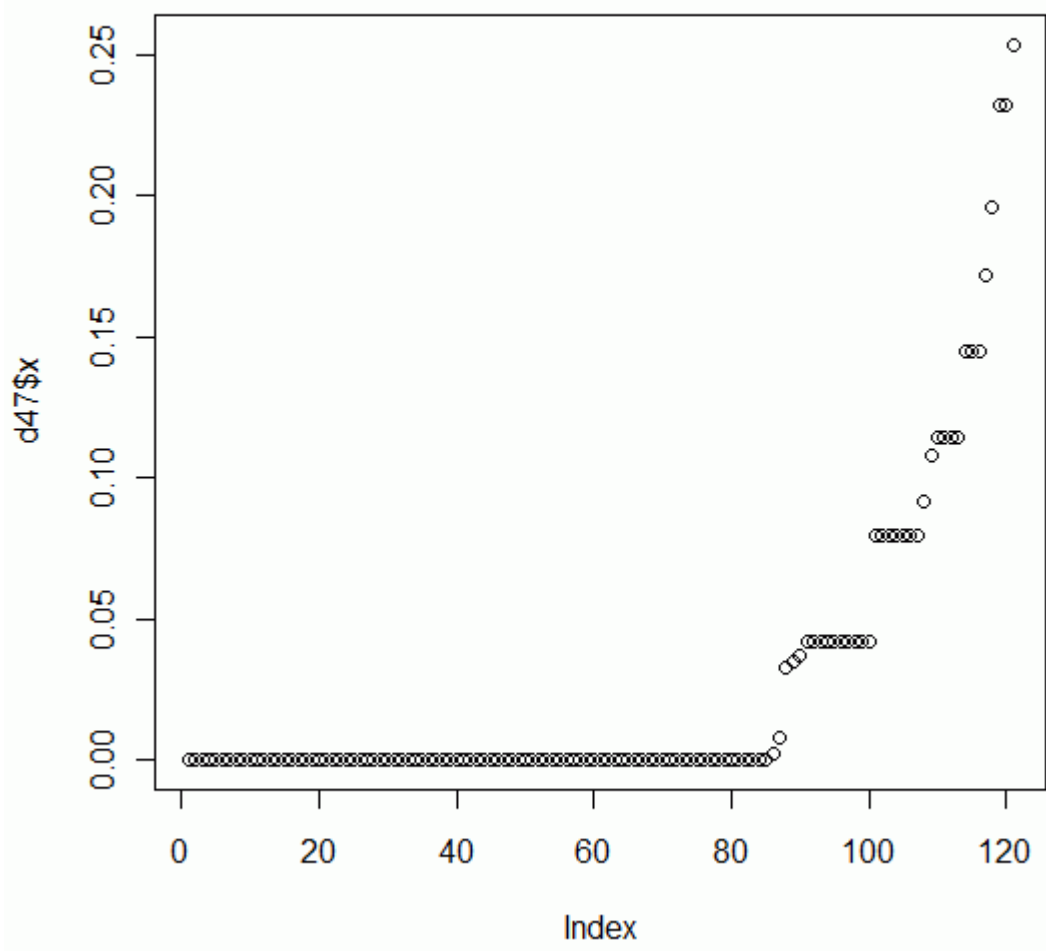


Фиг.6 Дисперсия на характеристиките за неврон 8

Променливите с нулева дисперсия за неврон 8 са повече.

Кандидат за лимитиращ фактор за функционирането на ксеротермните гори напр. също е $f71$, т.е. площта на гората.

Като основни фактори на сходство между съобществата можем да посочим f_{b1} – видовия състав и произхода – издънков. За групата на неврон 47 получаваме следното разпределение на фиг.7



Фиг. 7 Дисперсия на характеристиките за неврон 47

В тази група от горски съобщества броят на кандидатите за основни фактори на сходство е голям и изисква по-детайлен анализ и внимателна преценка, затова ще посочим само няколко кандидата за лимитиращи фактори. С най-висока дисперсия са характеристиките f42, f47 и f55 – Почвообразуващата скала (пясъчник, варовик или вулкански туфи), f31(типа на почвите - Luvisols), f59 (съдържанието на хумус в почвите) и f60 (видов състав на съобществата). Тези фактори определят функционалното състояние на съобществата.

VII. Заключение

Невронните мрежи са специфична област от компютърните науки, която от десетилетия привлича вниманието на специалистите с интересни и често успешни практически приложения.

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 100 бр. 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.

От направения анализ на 93 бр. ксеротермни дъбови фитоценози в страната бе установено, че във функционално отношение те се отнасят към различни групи (представени като неврони на SOM картата), т.е. различни екосистеми.

От направения дисперсионен анализ на получените функционални групи съобщесва бе установено, че характеристиките (екологичните фактори) имат различно значение за функционирането на изследваните дъбови съобщества като класификационни (обуславящи сходството между тях и обединяващи ги в група) или лимитиращи (определящи функционалното състояние) фактори.

Необходим е по-детайлен анализ за генерализиране на групите фактори и моделиране на класификационните единици.

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.

За по-нататъчното развитие на получената класификация в екосистемна са необходими по-продължителни и по-детайлни изследвания.

VIII. Използвана литература

1. Оценка и мониторинг на влиянието на замърсения въздух върху горите – Международна кооперативна програма „Гори”, ИАОС, София, 2006
2. Любенова, М., Фитоекология, 2004, 289-293
3. Нинов, Н., Първична продуктивност и функциониране на ксеротермни дъбови екосистеми в България, Наука за гората, Кн.3, 1995, 3-15
4. Попов, Е., Генетични ресурси на благуна (*Quercus Frainetto* Ten.) в България, Наука за гората, Кн.1/2, 1999, 11-21
5. Състояние на церовите гори в България и мероприятия за тяхното подобряване, БАН – Институт за гората, 2008
6. ИАОС – www.eea.government.bg
7. WWF – www.panda.org
8. Върбанов, С., Използване на невронни мрежи и генетични алгоритми при оценка на състоянието на кестеновите гори в Беласица, 2004
9. Любенова, М., Изследване на някои функционални параметри на дъбови гори от Централния Предбалкан, В: Сб. "70г. Лесотехн. образ. в Б-я", Юбил. науч. сесия, 7-9.4.1995, т.3. С., ВЛТИ, 218-228, 1995
10. Любенова, М., И.Бондев, Б.Атанасова, Изследване на структурното и функционално състояние на церово-благунова гора от Западна Сърнена гора Лесовъдна мисъл, 3/1996(8), С., Лесотехн. у-т, 1-11, 1996
11. Лалова, Й., Първична продуктивност на представителни горските асоциации в СЗ България, Наука за гората, кн.2, 31-37, 10-20, 1994
12. Броцилова, М., К.Броцолов, Растеж и продуктивност на смесени култури от дъбове (*Quercus* sp.) и черен бор (*Pinus nigra* am.) в Бургаски регион, Наука за гората, кн.3, 27-39, 2008

13. Lakucs, P., Биологично изследване на окръжаващата среда на дъбова горска екосистема в Унгария, 1978
14. Кочев, X., Д.Цанова, Изследване на първичната биологична продукция на приземните синузи на две дъбови асоциации на Витоша планина, Фитология БАН, кн.10, 19-32, 1978
15. Бондев, И., Н.Николов, М.Любенова, Растителна покривка в района на стационарните изследвания в тракийската низина при с.Певтимово, Пловдивски окръг, Трета национална конференция по ботаника. С., Бан 1083, 367-376, 1976
16. Юркова, Л., И.Бондев, Съдържание на макро и микроелементи в основните дървесни видове от девет ксеротермни дъбови ценози в Бургаско, кн.2, 31-37, 1990
17. Lyubenova, M., I. Bondev, Overground annual production and biomass of oak forests in the Balkan mountains, *Ecologie*, t. 29(1-2). Grenoble, 389-392, 1998
18. Мешинев, Т., В.Николов, Биологична продуктивност на асоциация от района на Еленския Предбалкан, *Екология* 19/БАН, 3-18, 1986
19. Любенова, М., Я.Саздов, Изследване относно ролята на дървесния етаж в кръговрата на химичните елементи в ксеротермна дъбова екосистема от Западния Предбалкан, Сб. "100 год. от рожд. на акад. Б. Стефанов/1894-1979/", Юбил. науч. конф., 2-3.6.1994, т.2. С., БАН
20. Бондев, И., Н.Николов, Надземна първична продукция на храстов и тревен синузий в ас. *Q. pub. Q. Fr, Cot. Cogg., Brach. Pinnatum* в Тракийската низина, Институт по ботаника БАН, *Екология* 12, 23-34, 1983
21. Бондев, И., В.Богоев, Замърсяване на благунова гора с олово от автотранспорта в района на Вакарелските височини, Институт по ботаника БАН, Биологически факултет, 37-42, 1981
22. Lyubenova, M., Above-ground energy reserves and annual accumulation of energy in shrub and herb layers in ass. *Quercus frainetto+Quercus cerris-Festuca*

heterophylla +Poa nemoralis in the Vakarel mountains, Ecology and protec.of the environ.,vol.2,X 1, Skopje, 29-35, 1995

23. Melovski,L., M.Mulev, Plant biomass and primery production of Quercetum frainetto-cerris macedonicum ecosystem in Galicica national park, Plant biomass and primery production of Quercetum frainetto-cerris macedonicum ecosystem in Galicica national park, Institute of biology, Skopje, 1993

24. Melovski,L., M.Mulev, L.Derlieva, Above-ground phytomass in Quercetum frainetto - cerris- macedonicum forest ecosystem in the veles foothill area(central Macrdonia), кн.47,107-125,Скопие, 1994

25. Ангелов,С., Върху някои елементи на водния баланс на иглолистни култури и дъбови гори , Институт за гората, кн.3, 63-66 , 1986

