

ЛИТЕРАТУРА

1 Swedish forest agency [Electronic resource] / Skogsstyrelsen. – Jönköping, 2012. – Mode of access: <http://www.skogsstyrelsen.se>. – Date of access: 10.02.2012.

2 Sveaskog [Electronic resource] / Sveaskog. – Kalix, 2012. – Mode of access: <http://www.sveaskog.se>. – Date of access: 11.02.2012.

3 Skogsbrukets Datacentral [Electronic resource] / SDC. – Sundsvall, 2012. – Mode of access: <http://www.sdc.se>. – Date of access: 04.03.2012.

4 Буй, А.А. Информационная система управления лесами Польши / А.А. Буй // Лесное и охотничье хозяйство. – 2004. – № 3. – С. 7–9.

5 System informatyczny Lasów państwowych: Zeszyt, rej. 2, Leśnik v. 3.01: Podręcznik użytkownika – Warszawa, 2003. – 87 s.

FOREIGN EXPERIENCE IN THE FIELD OF HARVESTED TIMBER MEASUREMENTS AND ITS REGISTRATION

Minkevich S.I., Bui A.A., Mashkouski U.P.

The article deals with the analyses of the international experience in the field of timber measurements. The case of study is state forestry of some European countries. The process of timber measurements and registration in state forestry of Poland is that the process of timber registration, control of harvesting and timber traffic is integrated with a unified information data flow. The data flow is a composite part of forestry information system. In Sweden, Lithuania as well as Finland the final calculation as a rule is made based on real volume of harvested timber according to an independent measuring forester. In Sweden, Finland timber volume registration in a forest is done based on the data from a harvester computer. Forestry of Sweden as well as Poland has unique experience in timber measurements. Such experience could be used when improving the Belarusian system of timber registration at different stages.

Статья поступила в редколлегию 04.04.2012 г.



УДК 630*582

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ НА ТАКСАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДРЕВОСТОЕВ

Севко О.А., Коцан В.В.

*УО «Белорусский государственный технологический университет»
(г. Минск, Беларусь)*

Описана методика создания и использования ГИС-технологии создания и обработки картографической и таксационной информации, собранной на постоянных пробных площадях. Проведено исследование по определению зависимости таксационных показателей

от пространственной структуры древостоев. В ходе исследования использовалась электронная модель пространственного распределения деревьев на постоянной пробной площади с автоматизированным расчетом расстояний между ними. Представлена методика выделения биогрупп, разделения центральных деревьев в группах в зависимости от их высот, ранжирования групп деревьев с однородными, угнетенными и доминирующими центральными в группе. Был сделан анализ экспериментального материала постоянной пробной площади и найдены некоторые закономерности между таксационными показателями и расстояниями между деревьями.

ВВЕДЕНИЕ

При изучении пространственной структуры и ее влияния на таксационные показатели древостоев возникают вопросы, связанные с представлением экспериментальных данных в виде цифровой модели. Эта проблема решается с помощью имитационного и аналитического моделирования, показывающих возникновение неоднородного пространственного распределения, которое объясняется неустойчивостью характера динамики сообщества и процессами хаотической самоорганизации [1].

Многочисленные исследования в области фитоценологии свидетельствуют о большой роли во взаимоотношениях растений процессов конкуренции за ресурсы среды, связанных с характером размещения деревьев на площади. Поэтому при моделировании роста и биопродуктивности деревьев в насаждениях и динамики органического вещества в лесных экосистемах должны учитываться конкурентные отношения – через индекс конкуренции. В прикладном аспекте учет конкурентных отношений между деревьями необходим для повышения точности оценки фитомассы и годичного прироста как деревьев, так и насаждения в целом [3, 4]. В разной степени изучением расстояния между деревьями и установлением закономерностей между таксационными показателями и расстоянием между деревьями занимались Колобов А.Н., Родин А.Р., Чудный А.В., Товкач Л.Н. [2], Грейг-Смит П., Усольцев В.А., Гордина Н.П., Проскуражков М.А., Мельников Е.С.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальным материалом для исследования послужили данные постоянной пробной площади, заложенной в 40-летних чистых сосновых культурах Негорельского учебно-опытного лесхоза (кв. 51, выд. 10). В натуре было проведено картирование расположения деревьев с указанием формы и размера крон, а также дана полная таксационная характеристика каждого дерева.

Для последующего получения лесотаксационных показателей древостоев в автоматизированном режиме, проектирования и контроля проводимых лесхозийственных мероприятий, а также оценки влияния пространственной структуры древостоев на их таксационные показатели, необходима разработка геоинформационной системы, включающей в себя картографическую информацию и дающую возможность хранения и обработки атрибутивной информации. Создание цифровой модели, представляющей пространственное

распределение деревьев в древостоев, проводилось с использованием инструментариев, позволяющих создать геоинформационную систему (ГИС), которая сочетает в себе картографическую и атрибутивную информацию об объекте исследований и множество инструментов анализа пространственных данных, которые позволяют быстро и точно обработать полевые материалы [5]. В настоящее время имеется большое количество ГИС, которые отличаются между собой набором инструментов, доступом к исходному коду и др. В данной работе использовать *Quantum GIS (QGIS)*.

Quantum GIS является ГИС с открытым исходным кодом. Проект создан на площадке *SourceForge*. В настоящее время *QGIS* работает на большинстве платформ: *Unix*, *Windows*, и *OS X*. Она разработана с использованием инструментария *Qt* и языка программирования *C++*.

Данный программный продукт поддерживает множество растровых и векторных форматов данных, а поддержка новых форматов реализуется с помощью модулей. Программное обеспечение ГИС на данной платформе является бесплатным и может свободно адаптироваться.

Оценка влияния пространственной структуры на таксационные показатели древостоев с использованием цифровой модели в среде *QGIS*. Собранные полевые материалы, имеющие следующую информацию: номер дерева на пробной площади, координаты размещения деревьев в декартовой системе координат (x, y), возраст, порода, диаметр ствола, высота ствола, диаметр кроны, протяженность кроны, категория дерева и класс устойчивости по Крафту, сохраняются в формате *csv*. С помощью модуля «Текст с разделителями» этот файл загружается в среду *QGIS*, и по содержащимся в нем координатам, строится пространственная модель размещения деревьев в насаждении. Далее, используется модуль «*fTools*», а в частности функция «Буферные зоны» создается векторный слой, отображающий размещение крон деревьев. В итоге получаем пространственная модель древостоя, представленная на рисунке 1.

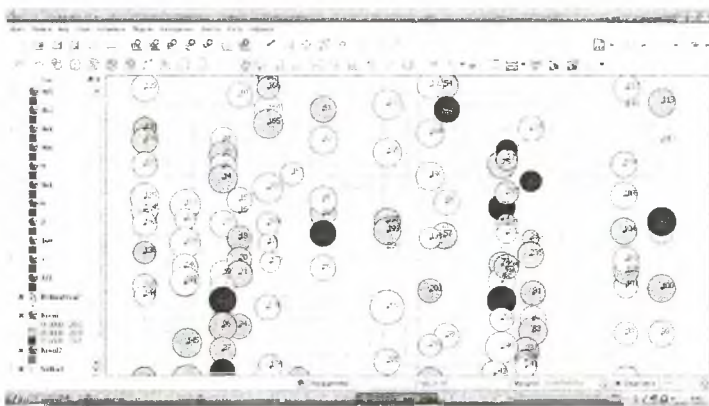


Рисунок 1 - Пространственная модель древостоя в среде *QGIS*

Далее было рассчитано расстояние от каждого дерева ближайших, полученные данные были экспортированы в пакет программ MS Excel 2003, где проводилась его дальнейшая обработка.

Для исследования влияния деревьев друг на друга выделялся круг конкуренции равный диаметру кроны дерева, т.е. вокруг каждого дерева ограничивалась площадь с радиусом равным диаметру кроны. Далее исследовалось влияние деревьев, попавших в этот круг, на центральное и наоборот. По базе атрибутивных данных для деревьев, которые вошли в круги конкуренции, в соответствии с их номером определялась таксационная характеристика.

Дальнейшее исследование показало целесообразность разделения кругов конкуренции на три группы в зависимости от высоты центрального дерева относительно соседних. Для этого определили минимальную и максимальную высоты центральных деревьев (14 и 26 метров), полученный ряд разделили на три уровня: 14 – 17; 18 – 22; 23 – 26 м, присвоили им соответствующие обозначения – 3-ий (угнетенное в био группе дерево); 2-ой (равное); 1-ой (доминирующее). Влияние деревьев внутри био группы оценивалось следующим образом: если уровень центрального дерева выше соседнего на 1, то влияние равно + 1, если на 2 – то +2, если уровни деревьев равны, то влияние – 0. В том случае если уровень центрального дерева, ниже уровня соседнего влияние равно – 1 и т.д.

Полученные показатели влияния соседних деревьев на центральное суммировали, результаты разделили на ранги био групп. При положительной сумме (влияние центрального дерева на соседние больше, чем обратное), группа деревьев относится к 1-ому рангу. Если сумма влияний соседних деревьев равна 0, био группа относится ко 2-ому рангу. В том случае, если сумма влияния соседних деревьев на центральное имеет отрицательное значение, группа относится к 3-ему рангу. Дальнейший анализ проводился по рангам био групп. Средние таксационные показатели центральных деревьев по трем рангам био групп представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Средние таксационные показатели центральных деревьев по ранговым группам

Таксационные показатели	1 ранг группы	2 ранг группы	3 ранг группы
Диаметр, см	25,1	21,7	20,6
Высота, м	22	21	19
Объем, м ³	0,514	0,361	0,313
Среднее расстояние до центрального дерева, м	1,33	1,20	1,50

Исходя из того, что ранжирование велось по высоте, то закономерное увеличение таких показателей, как высота, диаметр и объем от био группы 3-го ранга к 1-ому логично и согласуется с закономерностями роста древостоя.

Среднее расстояние до центрального дерева имеет наименьшее значение в группе 2-го ранга – 1,2 м. При этом происходит равное влияние центрального де-

рева на окружающие и наоборот. Максимальное расстояние в группах с угнетенным центральным деревом – 1,5 м, а в био группы с доминирующим – 1,33 м.

Дальнейший анализ таксационных показателей деревьев в био группах различных рангов показал, что средний объем соседних деревьев уменьшается от третьего ранга к первому (таблица 2). Это объясняется размером центрального дерева и его влиянием другие.

Таблица 2 – Результаты анализа таксационных показателей деревьев в био группах

Ранг био группы	Средние				Отношение центрального дерева к среднему в группе, %			Общий запас группы, м ³	Количество деревьев в группе, шт.
	объем соседних деревьев, м ³	объем всех деревьев, м ³	диаметр соседних деревьев, см	высота соседних деревьев, см	по объему	по диаметру	по высоте		
1	0,288	0,384	19,8	18,7	56,1	78,8	87,2	0,989	2,7
2	0,359	0,362	21,7	20,7	99,4	99,8	99,9	0,903	2,5
3	0,486	0,411	24,3	21,6	155,1	118,2	113,1	1,199	3,0

Средний объем деревьев в для био групп третьего ранга равен 0,411 м³, что является наибольшим для всех групп. При этом средний объем ствола в биологической группе 2-го ранга является минимальным (0,362 м³). Это может быть обусловлено равным взаимным влиянием деревьев. Средний диаметр и высота соседних деревьев так же уменьшаются от био групп третьего ранга к первому.

Проведенный анализ показал, что соседние деревья в группе 2-го ранга практически равны центральные по объему (99,4%) и высоте (99,9%). Для группы 1-го ранга это отношение составляет 56,1% по объему и 87,2 % по высоте, для 3-го – 155,1% и 113% соответственно.

Отношение таксационных показателей центрального дерева к соответствующим характеристикам находящихся вблизи имеет аналогичную структуру с рядами, полученными при исследовании Шиффелем. Выраженные в долях от средних, объемы стволов центральных угнетенных деревьев составляют 56,1%, равных – 99,4% и доминирующих – 155,1%.

Средний объем дерева в био группах 3-го ранга составляет 1,199 м³, для 2-го – 0,903 м³. Это говорит о низкой производительности био групп с взаимоморальной конкуренцией, что указывалось ранее различными авторами [2]. Максимальное среднее количество стволов в био группах также имеет группа 3-го ранга (3,0 шт.), а минимальное – 2-го (2,5шт.).

Для таксационных показателей, измеренных в натуре на пробных площадях, средних показателей соседних деревьев и средних показателей био групп была рассчитана взаимная корреляция: с помощью пакета программ Statistica 6.0 по-

строены матрицы коэффициентов корреляции. Основываясь на которых можно сказать, что наибольшая взаимосвязь наблюдается между таксационными показателями центральных деревьев биогрупп и средними таксационными показателями соседних с ними. Основываясь на этих выводах, была сформирована таблица 3 (подчеркнуты значимые коэффициенты корреляции).

Таблица 3 - Корреляция между показателями биогрупп

Показатели центрального дерева	Таксационные показатели группы					
	Средний объем соседних деревьев, м ³	Средний диаметр соседних деревьев, см	Средняя высота соседних деревьев, м	Средний объем в биогруппе, м ³	Средний диаметр в биогруппе, см	Средняя высота в биогруппе, м
1 ранговая группа						
Диаметр, см	<u>0,66</u>	<u>0,66</u>	<u>0,52</u>	<u>0,92</u>	<u>0,91</u>	<u>0,62</u>
Высота, м	<u>0,57</u>	<u>0,57</u>	<u>0,71</u>	<u>0,59</u>	<u>0,60</u>	<u>0,86</u>
Объем, м ³	<u>0,69</u>	<u>0,68</u>	<u>0,50</u>	<u>0,95</u>	<u>0,92</u>	<u>0,61</u>
2 ранговая группа						
Диаметр, см	-0,01	-0,01	0,06	0,66	0,67	0,29
Высота, м	0,08	0,02	0,30	0,40	0,29	0,76
Объем, м ³	-0,01	-0,02	0,11	0,68	0,66	0,38
3 ранговая группа						
Диаметр, см	<u>0,56</u>	<u>0,55</u>	<u>0,45</u>	<u>0,77</u>	<u>0,81</u>	<u>0,67</u>
Высота, м	<u>0,35</u>	<u>0,38</u>	<u>0,62</u>	<u>0,55</u>	<u>0,60</u>	<u>0,91</u>
Объем, м ³	<u>0,58</u>	<u>0,57</u>	<u>0,45</u>	<u>0,78</u>	<u>0,81</u>	<u>0,69</u>

Таксационные показатели центрального дерева группы 1-го ранга группы находятся в тесной взаимосвязи со средними показателями всей биогруппы: коэффициенты корреляции между факторами от 0,52 до 0,71. Также наблюдаются высокие коэффициенты корреляции между таксационными показателями центрального дерева и средними показателями соседних деревьев, что не наблюдается в других рангах (от 0,59 до 0,92).

Группы 2-го ранга характеризуются меньшими значениями коэффициентов корреляции, но являются достаточными для обоснования зависимости между средними показателями всех деревьев биогруппы и таксационными показателями центрального дерева. В данном случае корреляция варьирует в пределах от 0,38 до 0,68. Таксационные показатели центрального дерева и средние показатели соседних деревьев не имеют связи, это подтверждается коэффициентами корреляции приближенными к нулю.

Таксационные показатели центральных деревьев 3-ей группы имеют связь со средними показателями всех деревьев биогруппы – минимальный коэффициент корреляции 0,35 между высотой центрального дерева и средним объемом соседних деревьев. Максимальный – 0,62, между высотой дерева, находящегося в центре группы и средней высотой соседних деревьев. В

группе 3-го ранга прослеживается следующая зависимость: у низких центральных деревьев соседние деревья имеют большую высоту.

Самым значительным показателем дерева является объем, поэтому ниже представлены несколько моделей зависимости объема центрального дерева от других таксационных показателей биогруппы.

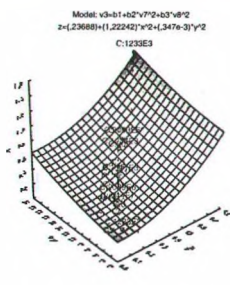


Рисунок 2 - Зависимость объема центрального дерева от средних объема и диаметра соседних деревьев в группах 1-го ранга

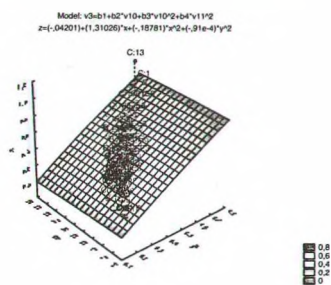


Рисунок 3 - Зависимость объема центрального дерева от средних объема и диаметра соседних деревьев в группах 2-го ранга

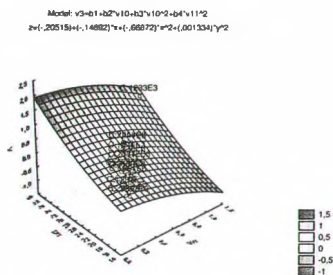


Рисунок 4 - Зависимость объема центрального дерева от средних объема и диаметра соседних деревьев в группах 3-го ранга

Значительная зависимость объема центрального дерева от средних объемов и средних диаметров соседних деревьев наблюдается в группах 1-го ранга. Основываясь на этих показателях, была выведена следующая модель:

$$V_{ц} = b_1 + b_2 * V_{ср.сос.}^2 + b_3 * D_{ср.сос.}^2$$

где $V_{ц}$ – объем центрального дерева, m^3 ;
 $V_{ср.сос.}$ – средний объем соседних деревьев, m^3 ;

$D_{\text{ср.сос.}}$ – средний диаметр соседних деревьев, см;

b_1, b_2, b_3 – коэффициенты модели.

Данная модель имеет $R = 0,73$ и графически представлена на рисунке 2.

Для описания зависимости объема центрального дерева от среднего объема и среднего диаметра деревьев группы 2 ранга использовалась модель:

$$V_{\text{ц}} = b_1 + b_2 * V_{\text{ср.биогр.}} + b_3 * V_{\text{ср.биогр.}}^2 + b_4 * D_{\text{ср.биогр.}}^2$$

где $V_{\text{ср.биогр.}}$ – средний объем всех деревьев био группы, м³;

$D_{\text{ср.биогр.}}$ – средний диаметр всех деревьев био группы, $R = 0,68$.

Графическое изображение этой модели представлено на рисунке 3.

Коэффициент $R = 0,82$ относится к модели:

$$V_{\text{цен}} = b_1 + b_2 * V_{\text{ср.биогр.}} + b_3 * V_{\text{ср.биогр.}}^2 + b_4 * D_{\text{ср.биогр.}}^2$$

которая признана лучшей для группы 3-го ранга. Она показывает зависимость объема центрального дерева от среднего объема и среднего диаметра деревьев в био группе (рисунок 4).

ВЫВОД

Описанная выше методика позволяет на платформе *Quantum GIS (QGIS)* построить ГИС, являющуюся цифровой моделью пространственной структуры древостоев и включающую атрибутивные данные, характеризующие таксационные показатели растущих деревьев. На основании имеющейся модели насаждение разделено на био группы с различным взаимным влиянием деревьев друг на друга. Это позволяет более детально и точно выявлять данные связи для дальнейшего исследования закономерностей строения и роста древостоев. Анализ таксационных показателей трех групп различных рангов согласуется с законами строения древостоя, что говорит о достаточной точности полевого материала.

Анализ суммарного запаса био групп дал основание полагать, что взаимное влияние между деревьями отрицательно сказывается на производительности древостоев. Построенные модели показывают существование связи между таксационными показателями центральных деревьев и средними показателями соседних деревьев био групп. Сделанные выше выводы указывают на необходимость дальнейшего изучения данных взаимосвязей с целью разработки программ формирования древостоев, учитывающих пространственную структуру древостоев и позволяющих выращивать высокопроизводительные насаждения.

ЛИТЕРАТУРА

1 Колобов, А.Н., Моделирование процессов динамической самоорганизации в пространственно распределенных растительных сообществах / А.Н. Колобов, Е.Я. Фрисман, Мат-лы межд. конф. «Математическая биология и биоинформатика», том 3, №2. – 2008. – с. 85-102.

2 Шутов, И.В., Значение неравномерности размещения деревьев в культурах сосны / И.В. Шутов, Л.Н. Товкач и др.//Лесное хозяйство, 2001, №4. – С.18-20.

3 Грейг-Смит, П. Количественная экология растений. –М.: Мир, 1967. –359 с.

4 Усольцев, В.А., Продукционные характеристики с учетом конкуренции деревьев в искусственных и естественных сосняках: сравнительный анализ. <http://csfm.marstu.net/presentation/Usolcev.pdf>.

5 Севко О.А., Методика создания цифровой модели пространственного распределения деревьев по материалам постоянных пробных площадей с использованием ГИС-технологий / О.А. Севко, В.В. Коцан // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. – 2011. – Вып. XIX. – С. 53 – 57.

THE USING OF GIS-TECHNOLOGIES FOR THE ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF THE SPATIAL STRUCTURE STANDS CHARACTERISTICS

Sevko O.A., Kozan W.W.

The analysis of the impact of roads-and-trails network on the landscape-forming attributes of trees is carried out on sample plots. The mathematical equations for dependencies of aesthetic assessment and trees viability from distance to roads and trails on sample plot are defined. A research towards estimation of forest stands indexes dependence from spatial forest stand structure has been done. Within the given work an electronic model of forest trees spatial distribution on a permanent sample plot is used. The distance between forest trees is calculated automatically using computer software. A methodic of biogroups allocation of forest trees as well as division of central trees in groups depending on their height is worked out. Also a ranking of forest trees groups with different tree position in the group (homogeneous, central dominant as well as suppressed trees) is done. The analysis of experimental data from permanent sample plot was fulfilled. Some regularity between forest stand indexes and the distances between forests trees were are indicated.

Статья поступила в редколлегию 04.04.2012 г.

