

УДК 65.011.56:330.53:630\*81

І. В. МАРТИНЧУК

## **МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЛІКУ ДЕРЕВИНИ**

Висвітлено особливості автоматизації обліку деревини. Запропоновано схему моделювання основних показників росту та продуктивності деревостанів. Ідентифіковано результати автоматизації обліку деревини.

Ключові слова: автоматизація обліку деревини, електронна система обліку деревини, моделювання, продуктивність лісу.

**Однією із основних проблем** вітчизняного лісокористування є незаконні рубки лісів. Легалізація деревини вітчизняного виробництва та вихід лісгоспів на зовнішні ринки пов'язано із розробкою та практичним використанням загальнодержавної системи обліку деревини. Одним із складових компонентів такої системи має бути прогнозування росту деревостій для подальшого обґрунтування рубок лісу. Така практика діє у Швеції, Фінляндії, Чехії.

**Теоретико-методичні аспекти** автоматизації обліку деревини наразі є хоч і актуальним, проте ще недостатньо досліджуваним вітчизняними науковцями питанням. Відповідні проблеми вивчають здебільшого у рамках міжнародних питань та звітів [1, 2], тоді як у наукових працях вони носять лише фрагментарний характер [3].

**З огляду на недосконалість** вже існуючих електронних систем обліку деревини важливим є узагальнення вітчизняного та зарубіжного досвіду з метою врахування всіх особливостей як процесу обліку деревини, так і планування рубок лісу.

**Завданням статті** є узагальнення методичних аспектів автоматизації обліку деревини.

**Проблема незаконного обігу деревини**, наявність якої перешкоджає сертифікації обігу лісоматеріалів та лісопродукції, вирішується шляхом автоматизації та

комп'ютеризації обліку деревини, в основі яких має лежати ведення достовірного електронного обліку на етапах таксації лісів, безпосередньо рубки на лісосіках, складування, зберігання, транспортування, відвантаження споживачу лісоматеріалів, підтвердження легальності походження деревини. Це забезпечить формування банку даних, поперше, про наявний запас сировини, в т.ч. вік, запас і приріст деревини у цілому та у розрізі окремих порід, та, подруге, про фактично заготовлену деревину. У процес автоматизації також рекомендується закласти порівняння даних обліку у розрізі окремих етапів. При цьому надзвичайно важливими є порівняння двох типів, а саме: 1) порівняння наявної до рубки та фактично заготовленої деревини (як за зальними об'ємами, так і за даними таксації кожного окремого дерева); у цьому випадку важливо мати дані про таксацію всіх деревостанів, а не тільки тих, що знаходяться на лісосіках; 2) порівняння різниці між наявної до рубки та фактично заготовленої деревини із результатами таксації після рубки (для вибіркових та поступових рубок). Це унеможливить незаконні рубки лісів.

В основу планування рубок лісу необхідно покласти методи математичного моделювання, які слугуватимуть базою автоматичної обробки даних єдиної державної системи обліку лісів. Метою планування має бути визначення обсягу, ділянок та способів рубки, які забезпечили б, з одного боку, достатню ефективність деревної промисловості, а, з іншого – дотримання принципів сталого розвитку. В якості вихідної інформації необхідно використовувати дані таксономічних оцінок за тривалий проміжок часу, показники ефективності лісгосподарської діяльності, нормативи рубок. На основі цих даних автоматично моделюватимуться прогностичні запаси деревини, екологічно та соціально безпечні обсяги рубок і економічна ефективність реалізації лісоматеріалів.

В основу моделювання головних показників лісоексплуатації та лісовідновлення можуть бути покладено результати прогнозування запасів ліквідної деревини. Для цього доцільно використовувати клас моделей динаміки, які базуються на попередньому аналізі тенденцій змін показника. При цьому тенденції змін можуть визначатись або шляхом обробки динамічного ряду показника за попередні роки (у

цьому випадку зазвичай використовується метод екстраполяції тренду), або через аналітичне дослідження динаміки даних прогнозованого показника із наступним представленням визначеного ідентифікованої тенденції у математичній формі.

Для використання описаних методів необхідно, передусім, володіти даними про динаміку прогнозованого показника за значний проміжок часу. Процедура моделювання та прогнозування запасів деревини здійснюватиметься у кілька етапів:

*Етап 1.* Побудова математичної моделі продуктивності лісу як показника об'єму деревини на одиницю площі. При цьому визначальну роль у визначенні прогнозованого об'єму деревини відіграє породний склад лісових насаджень. Саме цей показник визначатиме параметри швидкості та прискорення нарощення запасу ліквідної деревини. У цілому у процесі прогнозування продуктивності лісів матимуть місце такі типи залежностей:

1) темпи росту лісу залежать від фактору часу. Тобто, існує залежність темпів росту  $a$  від фактору часу  $t$ , який, в свою чергу, визначає продуктивність лісу у момент  $t$  –  $y(t)$ :  $a = f(y(t))$ . Зазвичай для моделювання приросту лісу використовуються моделі оберненої (наприклад, модель Бергаланффі) або логістичної (модель Ферхюльста) залежності. Перший тип функціональної залежності передбачає, що при збільшенні продуктивності лісонасаджень, її темпи її росту скорочуються. Проте, характер росту дерева характеризується тим, що спочатку молоді дерева швидко нарощують біомасу як раз за рахунок постійного збільшення темпів росту. У певний момент часу характер залежності між поточним рівнем продуктивності лісу та темпами її росту стане оберненим. І наприкінці вегетаційного періоду ріст припиниться. У цей момент часу продуктивність лісу характеризуватиметься набуттям максимально можливого (порогового) значення. При цьому, чим ближче поточна продуктивність деревинних насаджень буде до порогового, тим нижчими будуть темпи росту. Така залежність описується другим типом моделі – логістичною функцією, яка має вигляд:

$$\frac{dy(t)}{dt} = by(t) \cdot \left(1 - \frac{y(t)}{Y^{\max}}\right), \quad (1)$$

де  $b$  – питома швидкість росту запасу деревини за одиницю часу;  $y(t)$  – продуктивність лісонасаджень у момент часу  $t$ ;  $Y^{\max}$  – порогів об'єм запасу деревини.

Запропонована модель дасть змогу визначати момент часу, коли запас деревини буде сягати свого максимуму  $i$ , на основі цих даних, планувати рубки лісу;

2) темпи росту продуктивності лісу залежать від їх породної структури. Тому, продуктивність деревини має визначатись для лісових ділянок із різним породним складом окремо;

3) темпи росту продуктивності лісу залежать від вікового складу лісонасаджень. Чим старші лісові насадження, тим вищий рівень їх продуктивності, і тим меншими є темпи їх росту. Така залежність створює необхідність уточнення процедури моделювання за визначеною вище логістичною функцією. Для того, щоб спрогнозувати темпи росту рівня продуктивності лісу, необхідно розпочати моделювання із першого року існування лісонасаджень. Тоді початковий момент часу буде рівний 1:  $t_0 = 1$ . Після розв'язання логістичного рівняння (3.1) та побудови значень показника продуктивності лісів на весь вегетаційний період, обирається рік (роки) на який здійснювався прогноз для прийняття рішень щодо планування рубок.

4) продуктивність лісу у поточний момент часу ( $y(t)$ ) визначатиметься рівнем продуктивності у попередній момент часу ( $y(t-1)$ ):  $y(t) = f(y(t-1))$ . При цьому визначальним у процесі зміни продуктивності лісу є значення темпів росту деревини, які, в свою чергу, впливають на продуктивність. Тому, модель динаміки продуктивності лісу можна записати у вигляді такої системи:

$$\begin{cases} \frac{dy(t)}{dt} = by(t) \cdot \left(1 - \frac{y(t)}{Y^{\max}}\right). \\ y(t) = f\left(\frac{dy(t)}{dt}, t\right) \end{cases} \quad (2)$$

Для моделювання динаміки об'ємів деревини у розрахунку на одиницю лісових насаджень необхідно знати початковий

рівень продуктивності, тобто значення цього показника у момент часу  $t_0 = 1$ .

*Етап 2.* Визначення прогнозованого запасу деревини. Оскільки логістична модель росту продуктивності може описати зростання запасів лісонасаджень із однаковими віковими та породними характеристиками, прогнозування запасу деревини має здійснюватись окремо по порівнюваним лісонасадженням із подальшим сумуванням отриманих результатів прогнозування. Тоді загальний запас деревини одно породних насаджень визначатиметься за формулою:

$$Y(t=T) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n s_{ij} y_{ij}(t=T), \quad (3)$$

де  $s_{ij}$  – площа лісових насаджень  $i$ -ї породи  $j$ -го віку;  $y_{ij}(t=T)$  – продуктивність (об'єм деревини у розрахунку на одиницю площі) лісонасаджень  $i$ -ї породи  $j$ -го віку у момент часу  $T$ .

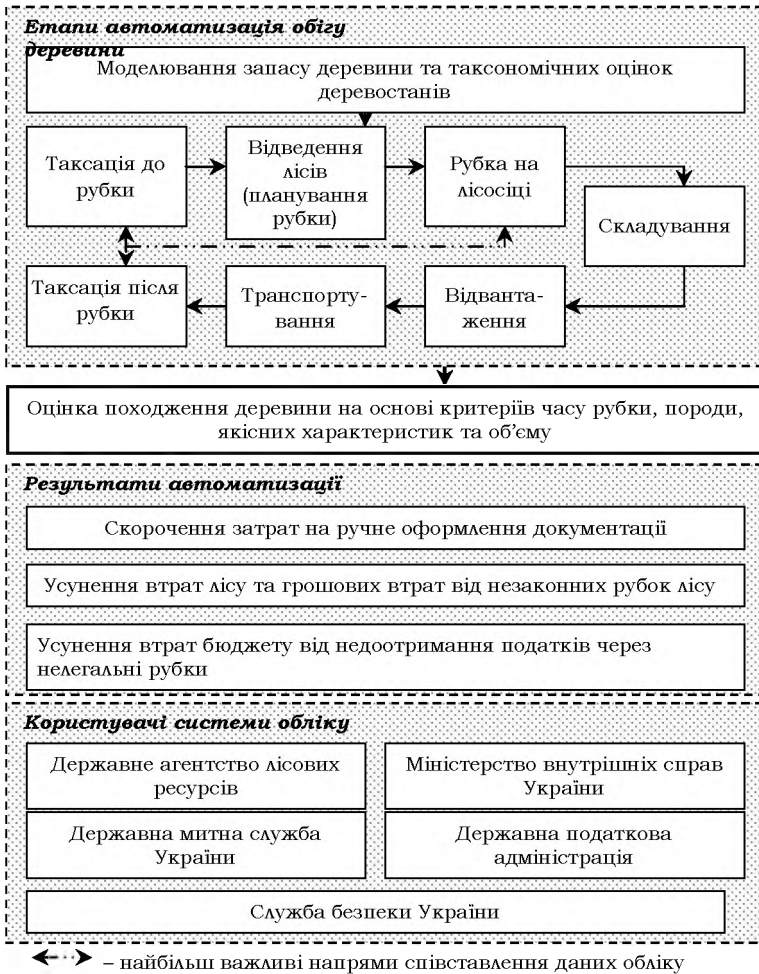
Складнішою є методика моделювання запасу змішаних лісових насаджень, для прогнозування об'єму якого необхідно використовувати моделі росту не деревостанів (як сукупності дерев), а кожного окремого дерева. Така процедура практично неможлива у сучасних умовах, коли інформація про кількість, вік та породи дерев ділянок лісу відсутня. Проте, формування єдиної загальнодержавної бази обліку деревини передбачає облік таксономічних характеристик кожного окремого дерева, що уможливує прогнозування змішаних ділянок лісу. Процес прогнозування запасу таких лісонасаджень включатиме:

1) моделювання об'єму одного дерева. В якості моделі можна як і на попередніх етапах використати функцію логістичного росту;

2) прогнозування об'єму деревини певного віку конкретної породи на відповідній змішаній ділянці лісу:

$$Y_{ij}^3(t=T) = a_{ij} \cdot y_{ij}(t=T), \quad (4)$$

де  $Y_{ij}^3(t=T)$  – об'єм деревини  $i$ -ї породи  $j$ -го віку у момент часу  $T$ ;  $y_{ij}(t=T)$  – об'єм деревини у межах одного дерева  $i$ -ї породи  $j$ -го віку у момент часу  $T$ ;  $a_{ij}$  – кількість дерев  $i$ -ї породи  $j$ -го віку.



**Рисунок.** Узагальнена схема механізму автоматизації обігу лісу

3) обчислення загального об'єму деревини як сумарного значення за всіма породами:

$$Y^3(t=T) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n Y_{ij}(t=T). \quad (5)$$

Етап 3. Заключним етапом прогнозування об'єму деревини є визначення загального об'єму деревини за всіма ділянками.

На основі побудованих прогнозів та планів відведення лісових ділянок під лісосіки можливим стає обчислення прогнозованих обсягів доходів, витрат та прибутків лісгосподарської діяльності. Відповідні розрахунки також слід автоматизувати у межах системи обліку деревини.

Узагальнену схему механізму автоматизації обігу лісу відображено на рисунку.

**Запропонована схема є цілком логічною** та такою, що створюватиме методичне підґрунтя адаптації вітчизняної стратегії лісовідновлення до системи FSC орієнтована на пропаганду та поширення природного поновлення лісів, що відповідає принципам невиснажливого та неперервного лісокористування. Серед організаційних перешкод часткового переходу від суцільних до складних рубок головного користування найбільш вагомю є дуже складна процедура та бюрократичні проблеми, пов'язані зі зміною визначеного виду рубки, які необхідно вирішувати на законодавчому рівні.

### **Бібліографія**

1. Кравець П. В. **Аналіз законодавчої бази щодо системи контролю руху деревини в Україні та розробка покращених пропозицій : аналітичний звіт** [Електронний ресурс] / П. В. Кравець. – К. : у рамках Програми «Правозастосування та управління в лісовому секторі країн Східного регіону дії європейського інструменту сусідства і партнерства-2», 2014. – 25 с. – Джерело доступу : [http://sfmu.org.ua/files/Kravets\\_analit1.pdf](http://sfmu.org.ua/files/Kravets_analit1.pdf).

2. Сторожук В. Ф. **Короткий огляд умов забезпеченості легальності деревини в Україні** ; аналітичний звіт [Електронний ресурс] / В. Ф. Сторожук – Джерело доступу : [http://www.gcs.org.ua/files/4.02.02.\\_Storozhuk\\_Report\\_web.pdf](http://www.gcs.org.ua/files/4.02.02._Storozhuk_Report_web.pdf).

3. Шубалій О. **Трансформація системи управління лісовим комплексом на регіональному рівні** / О. Шубалій // Економіка природокористування і охорони довкілля. – 2014. – С. 93–97.

4. Деробот О. І. **Інституціоналізація лісового сектору економіки в контексті сталого розвитку України** / О. І. Деробот. – К. : ДІА, 2012. – 337 с.

**Рецензент:** д.е.н., професор Римар М.В.