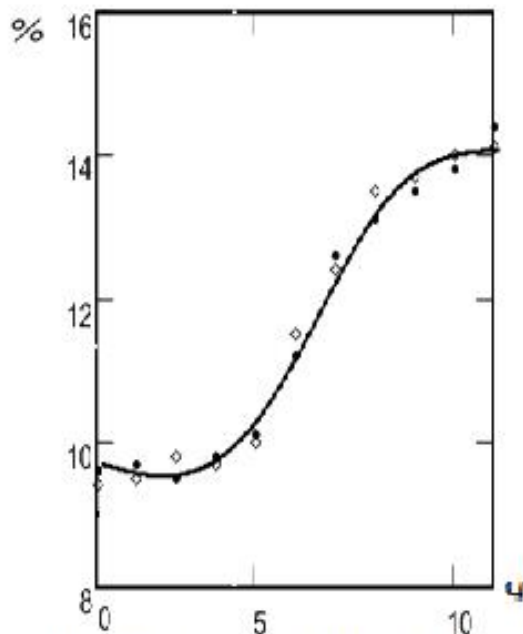


Проблематика лесного комплекса

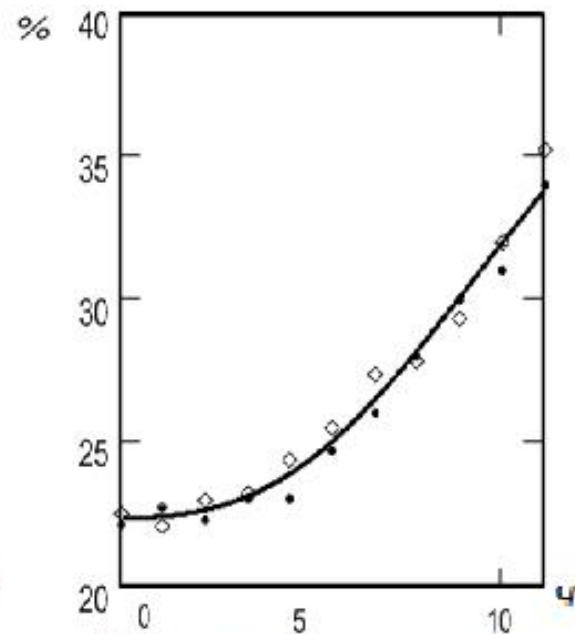
д.т.н. Казаков Николай Владимирович

05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства

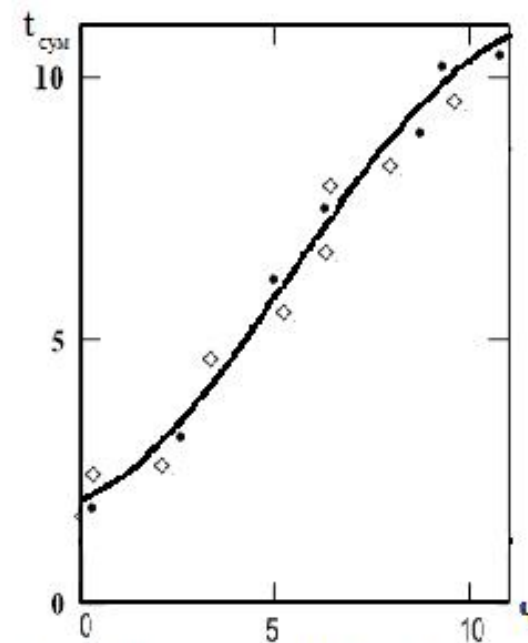
г. Хабаровск – 2024



а Повреждаемости деревьев, %



б Повреждаемости подроста, %



в Суммарные затраты времени на подачу команд и оценку дерева, с



г Аварии лесозаготовительных машин по вине оператора

Цель исследования

**Развитие лесного комплекса,
применяемой техники и технологии
на основе информатизации
процессов и автоматизации
управления движением лесных
машин и исполнительного
оборудования в условиях
неопределенностей леса.**

Основные положения и результаты:

1. **Метод цифровизации лесного участка** в локальных координатах.

2. **Структура единой информационно-управляющей системы лесного комплекса** на примере лесозаготовительного предприятия.

3. **Метод математического описания непрерывными функциями траекторий движения ЛМ** и элементов их технологического оборудования в локальных координатах лесного участка.

4. **Метод управления движением ЛМ** и перемещением элементов исполнительного оборудования в локальных координатах лесного участка с учетом его неопределенностей.

5. **Способы, конструктивные решения и средства автоматизации управления** и локального позиционирования ЛМ в условиях неопределенностей леса.

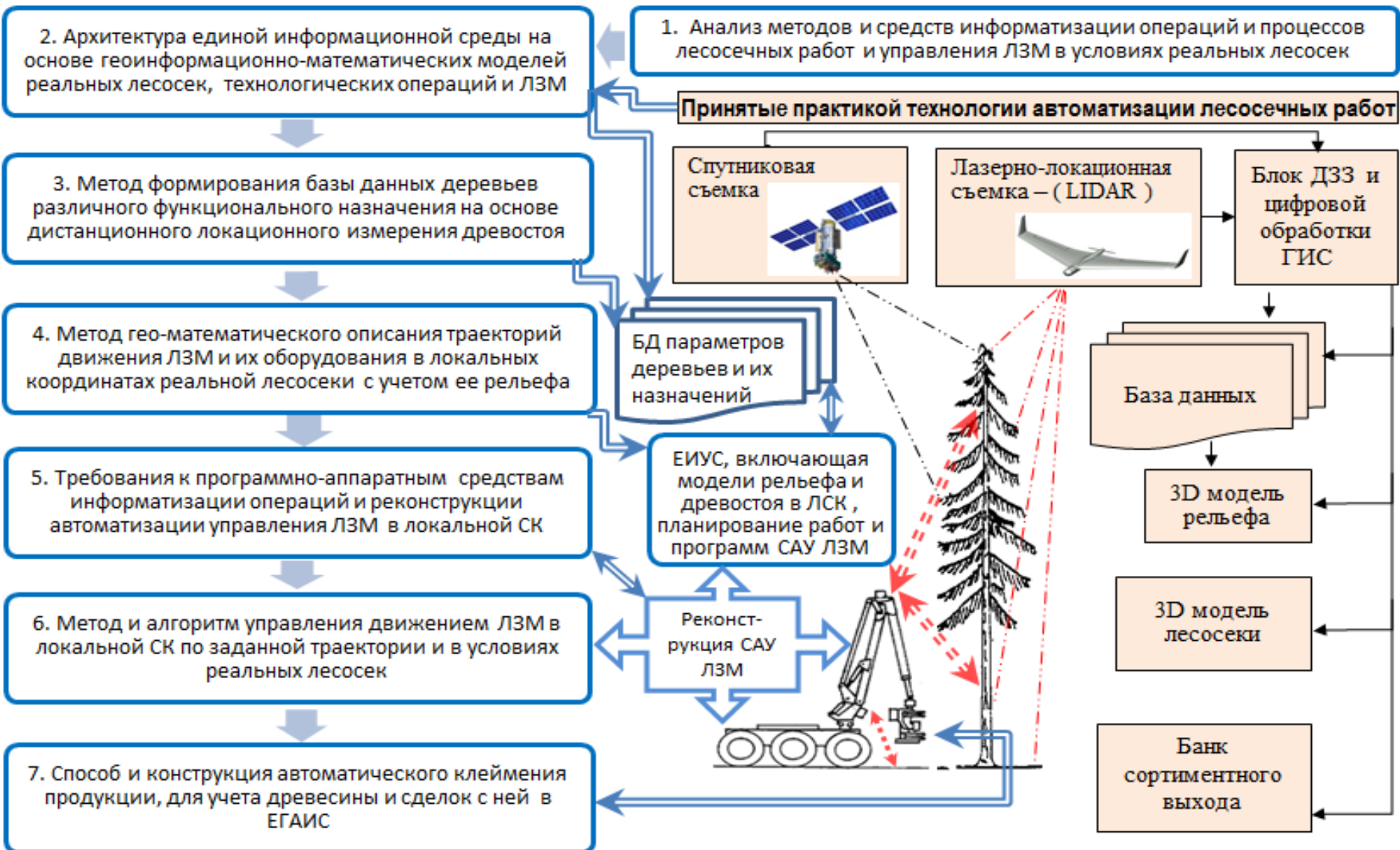
Реализация результатов работы.

1) Материалы исследования использовались при подаче заявки в РНФ.

2) По результатам выполненных теоретических и экспериментальных исследований созданы методы и практические рекомендации применяемые в ФБУ "ДальНИИЛХ", «РФП групп», «Центре космических технологий НИИ компьютерных технологий и телекоммуникаций» ФГБОУ ВО ТОГУ, ООО "Сосновые линии", ЗАО "Кан Бо". Исследования, положенные в основу работы, внедрены в учебный процесс ТОГУ.

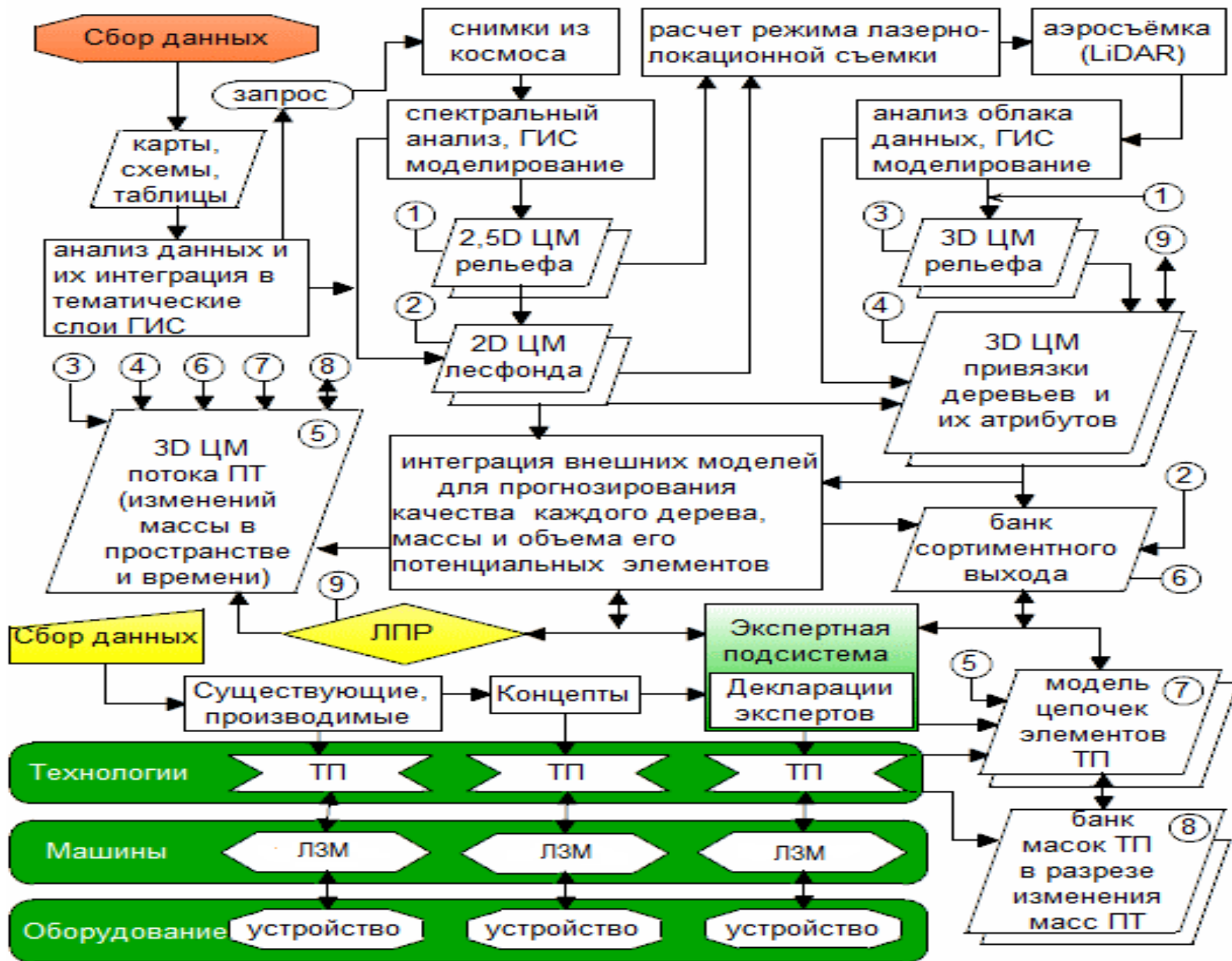
Схема проведения исследований.

4



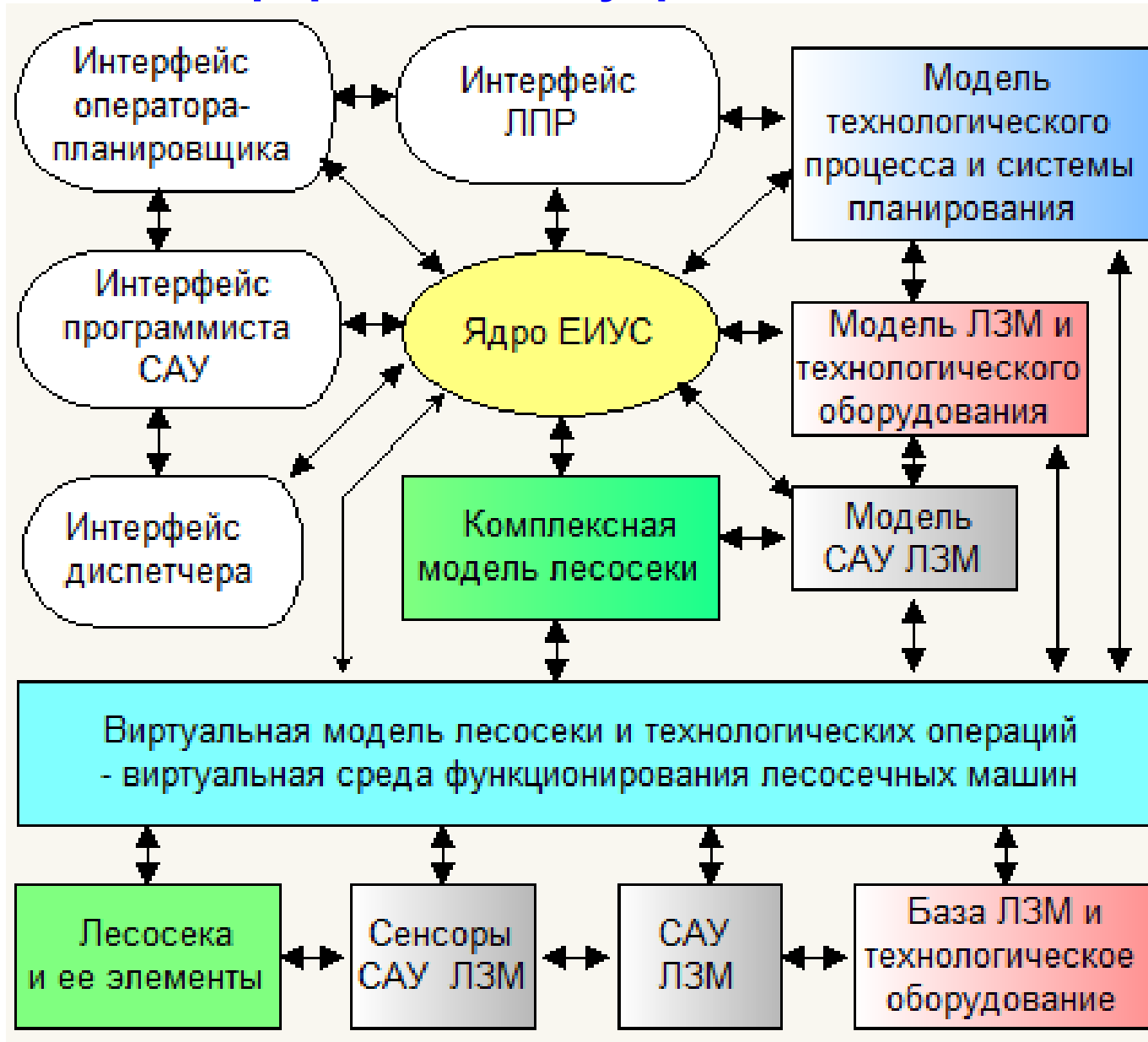
Анализ проблематики и сформулированные задачи исследования
(указаны без тонировки)

Схема формирования моделей операций и процессов



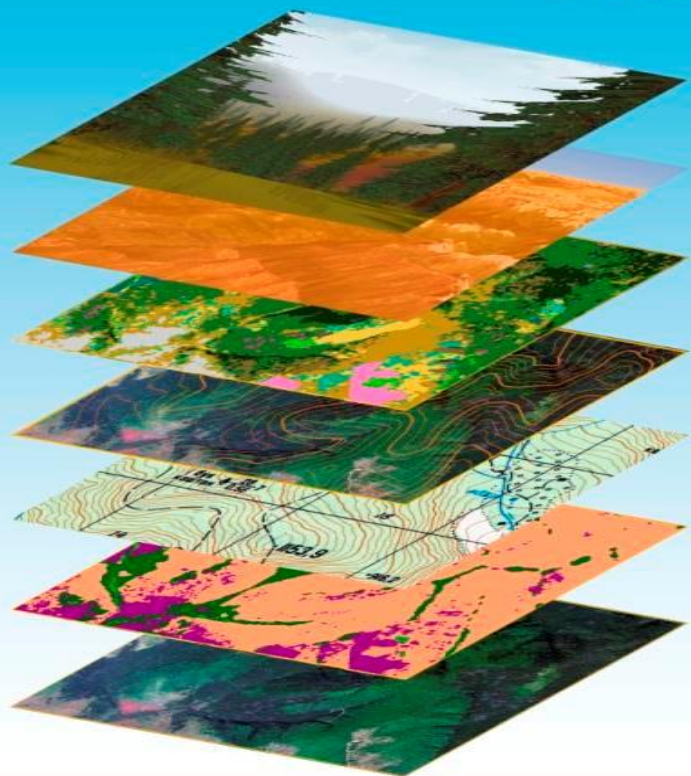
где, 3D ЦМ – трехмерная цифровая модель; ТП – технологический процесс; ПТ – предмет труда; ЛПР – лицо, принимающее решение

Схема единой информационно-управляющей системы (ЕИУС) 6



где, САУ ЛЗМ – система автоматического управления лесной машиной;
ЛПР – лицо, принимающее решение

Тематические слои



Цифровая модель лесной растительности

Цифровая модель рельефа

Природная классификация

Рельеф наложенный на космический снимок

Топографическая карта

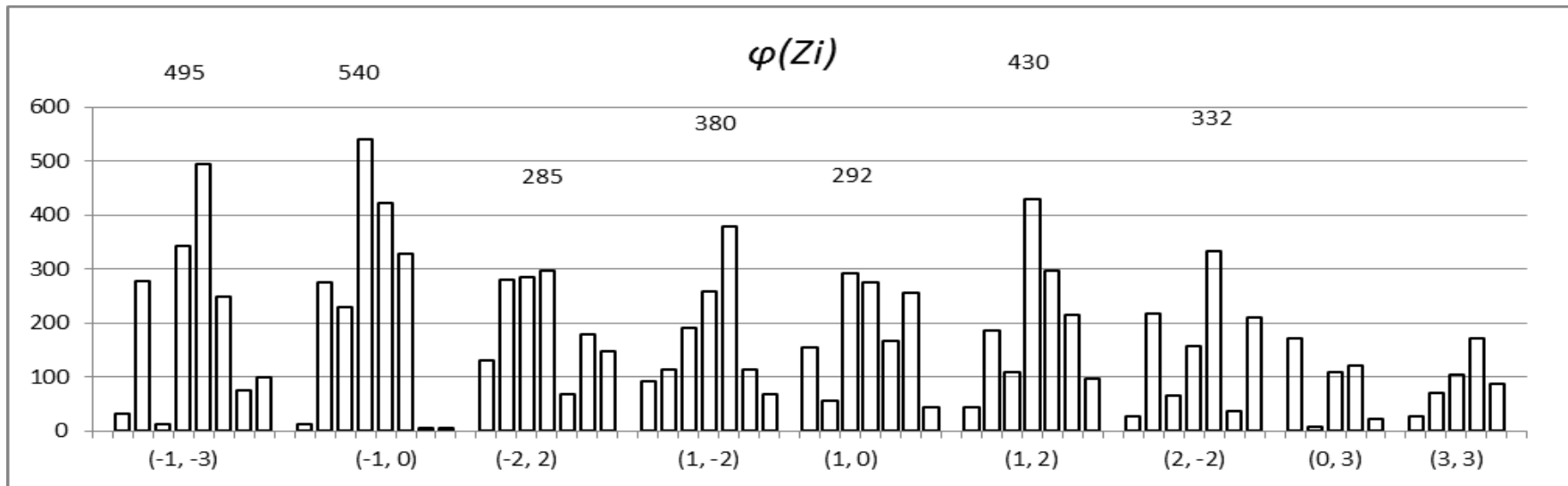
Лесозаготовительная классификация
(план лесонасаждений)

Космический снимок с натуральными цветами

Функция, интерполирующая поверхность рельефа лесосеки $p(x, y)$, описывается в общем виде следующим образом:

$$p(x, y) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n a_{ij} x^i y^j$$

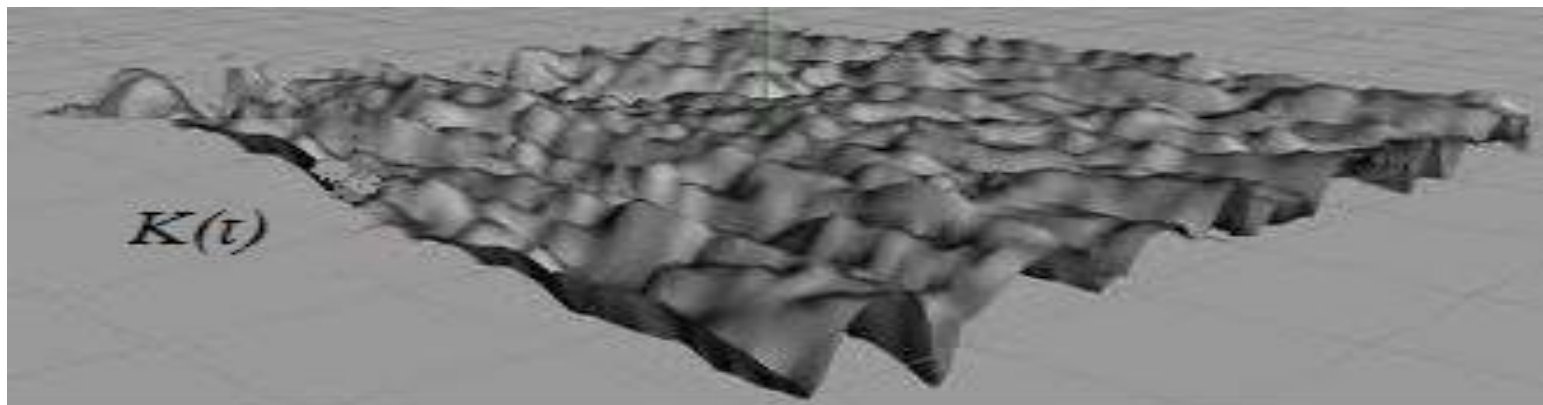
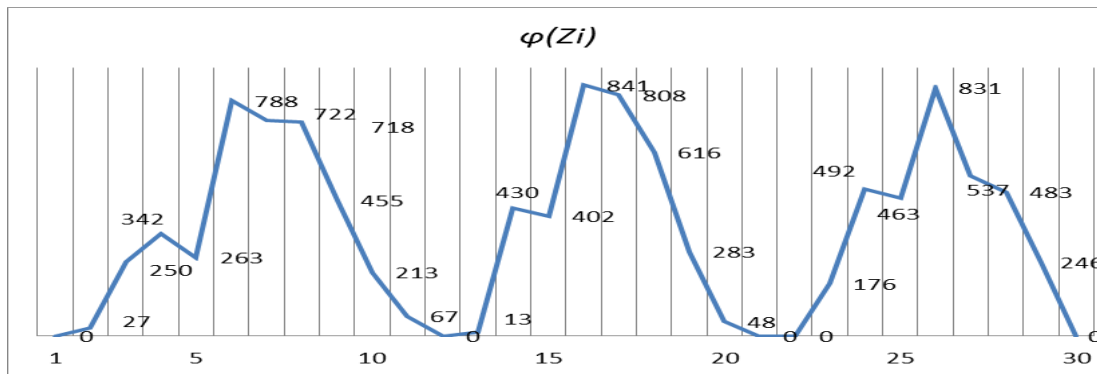
Формирование модели ограничений потенциальной лесосеки 9



$$\varphi(Z_j) = \sum_{i=1}^n \left\{ \alpha_i \left(\frac{1}{2\pi\delta_{5i}^2\delta_{9i}^2} \right) \left(\exp \left(- \left[\frac{(R_5 - r_5)^2}{2\delta_{5i}^2} + \frac{(R_9 - r_9)^2}{2\delta_{9i}^2} \right] \right) \right) \right\} \nabla$$

$$R_5 = \sum_{j=1}^k a_j \bar{z}_j; \quad R_9 = \sum_{j=1}^k b_j \bar{z}_j; \quad r_5 = \sum_{j=1}^k a_j \bar{z}_j; \quad r_9 = \sum_{j=1}^k b_j \bar{z}_j$$

где, $\varphi(Z_i)$ – дифференциальный закон распределения параметров лесосек

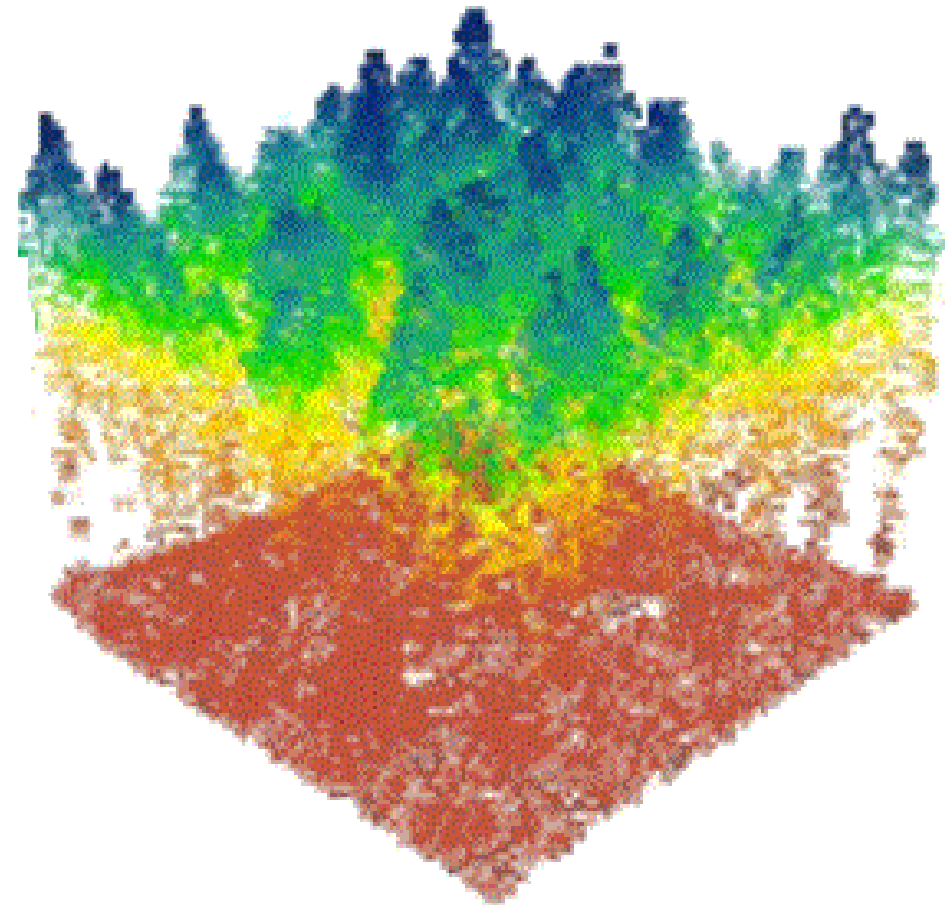
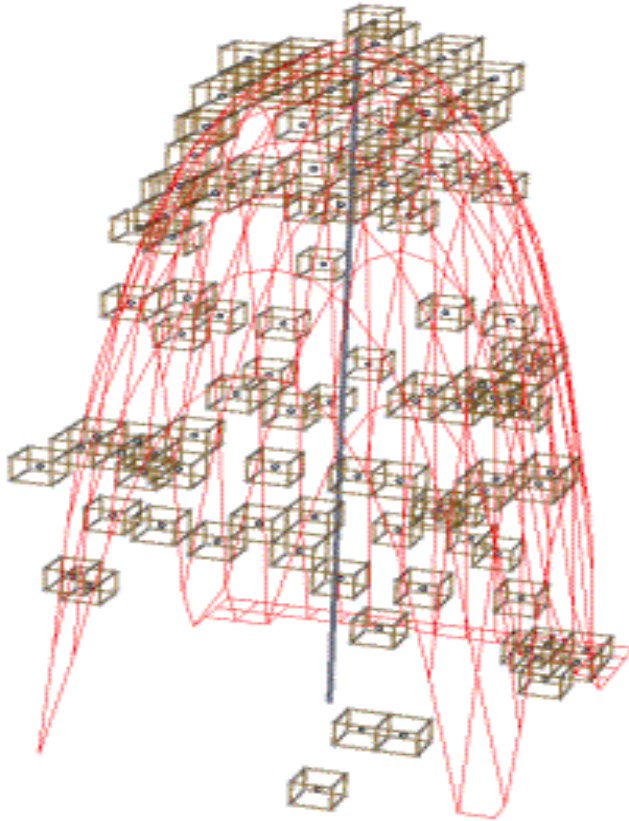


$$K(\tau) = \sigma_{\xi}^2 e^{-\alpha|\tau|} \left(\cos \beta\tau + \frac{\alpha}{\beta} \sin \beta|\tau| \right)$$

Предиктор $K(\tau)$, построен на следующей ξ_i асимптотически - периодической функции, имеющей спектр - дробно-периодическую плотность $S(\omega)$

$$S(\omega) = \sigma_{\xi}^2 2\alpha(\alpha^2 + \beta^2) / (\pi((\omega^2 - \beta^2 - \alpha^2)^2 + 4\alpha^2\omega^2)),$$

Метод гео-математического моделирования деревьев древостоя лесосеки

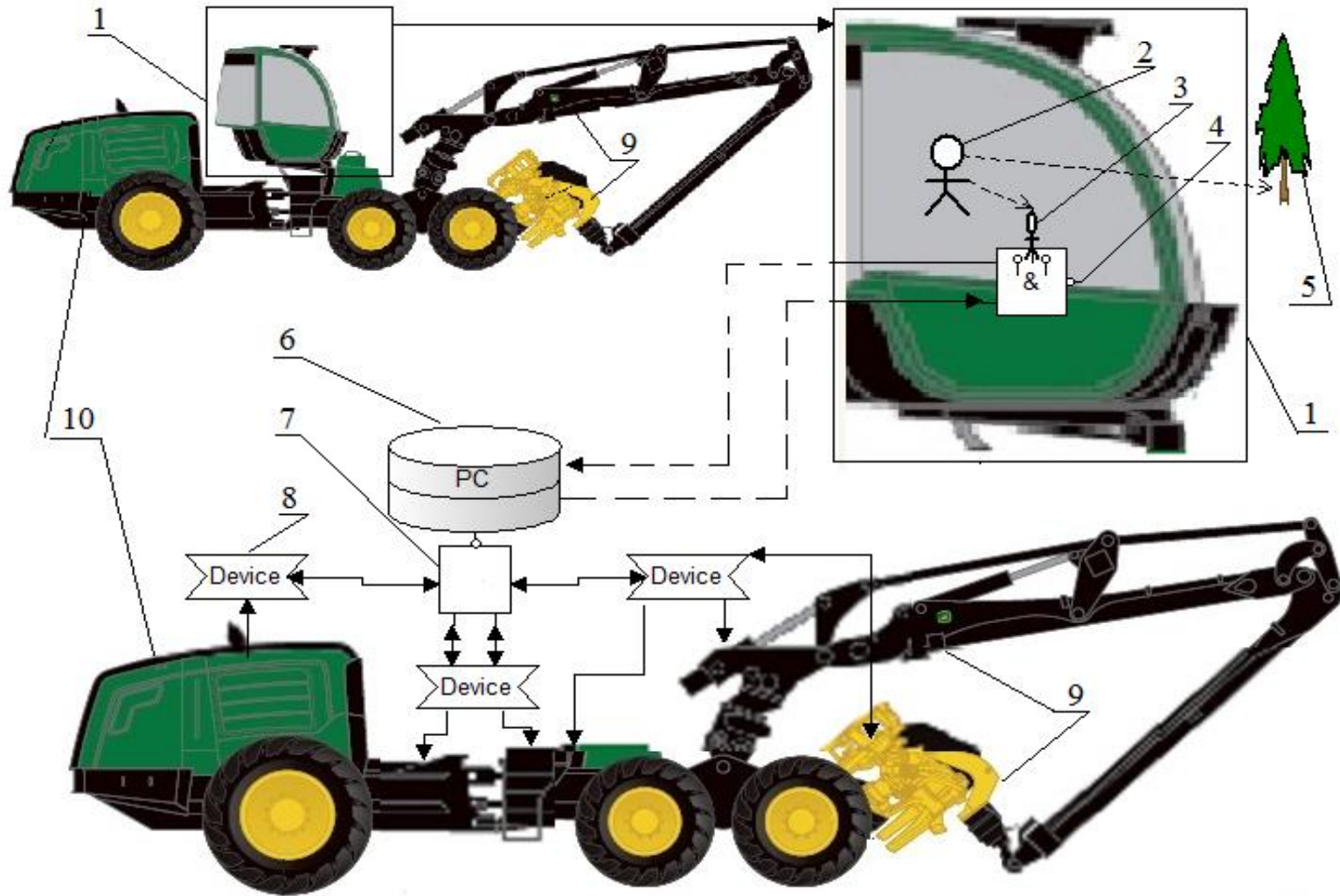


а) Моделирование кроны и ствола дерева;

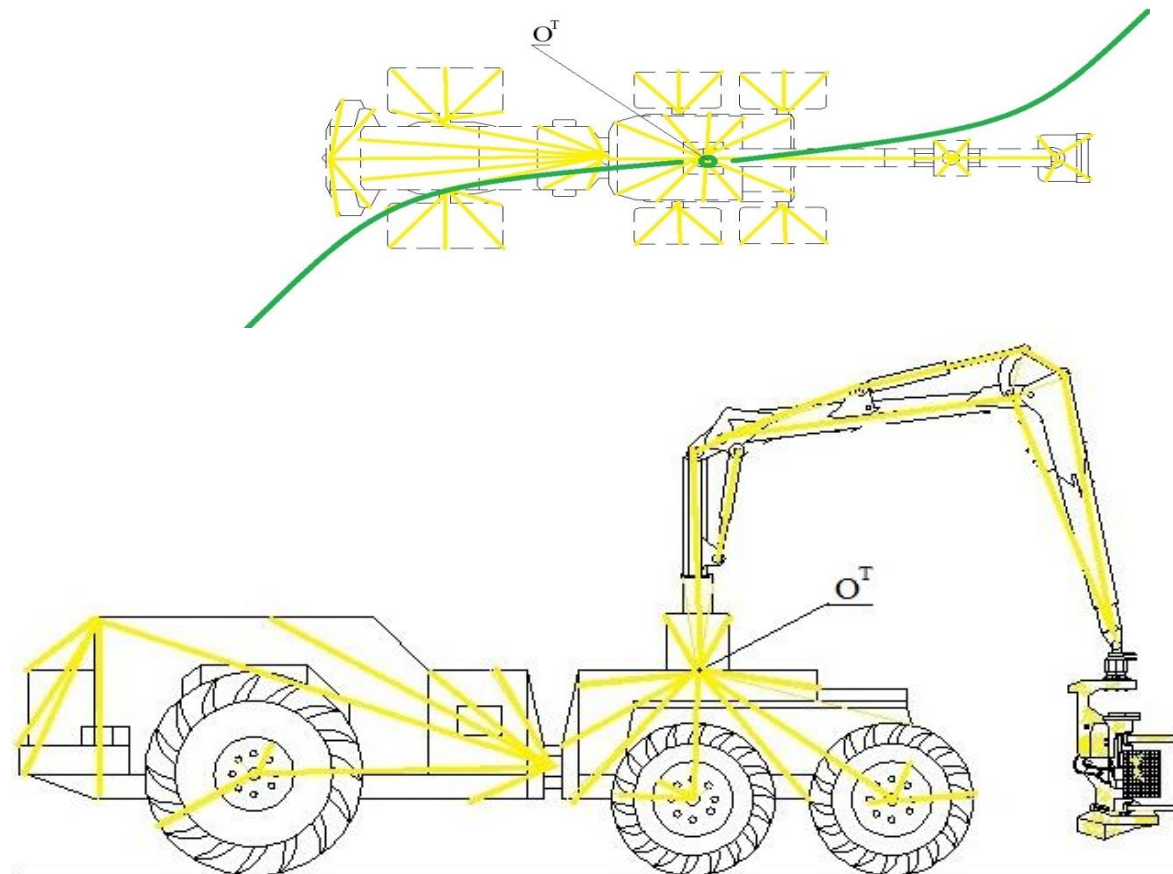
б) Моделирование древостоя лесосеки.

Метод математического моделирования САУ лесной машины, функционирующей в автоматическом режиме

12

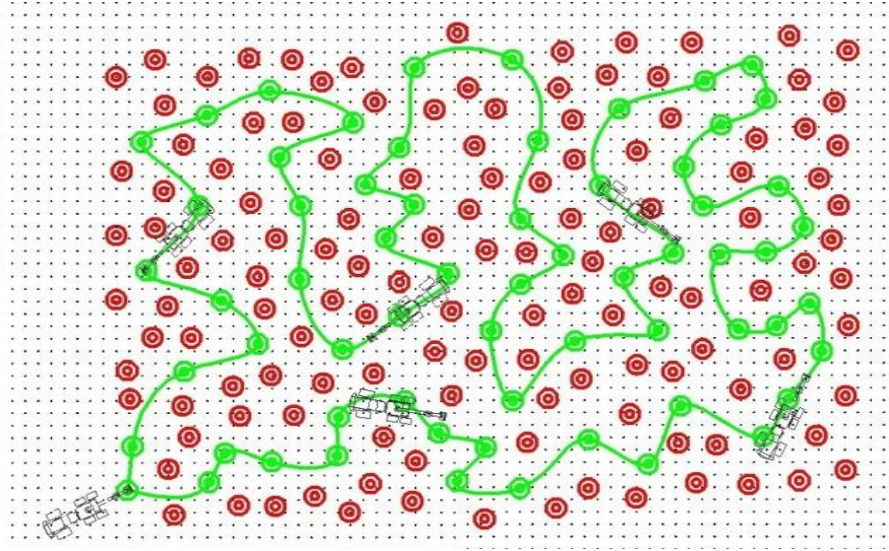
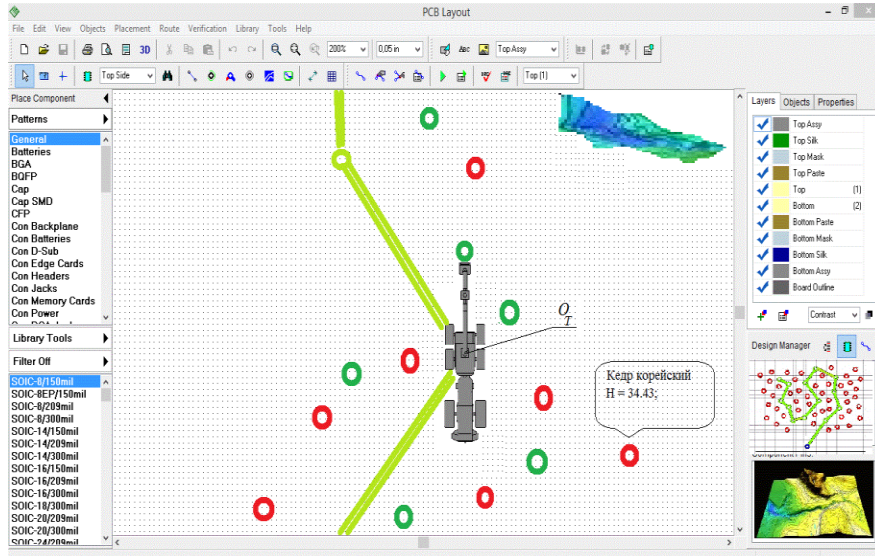


где, указаны пункты схемы реконструкции системы автоматического управления лесной машины;



Формализованное описание ЛМ построено на декомпозиции взаимосвязей базы машины и ее технологического оборудования с применением фундаментального понятия теории базирования «опорная точка» O_T , как абстрактной связующей с плановой траекторией движения в локальных координатах лесосеки

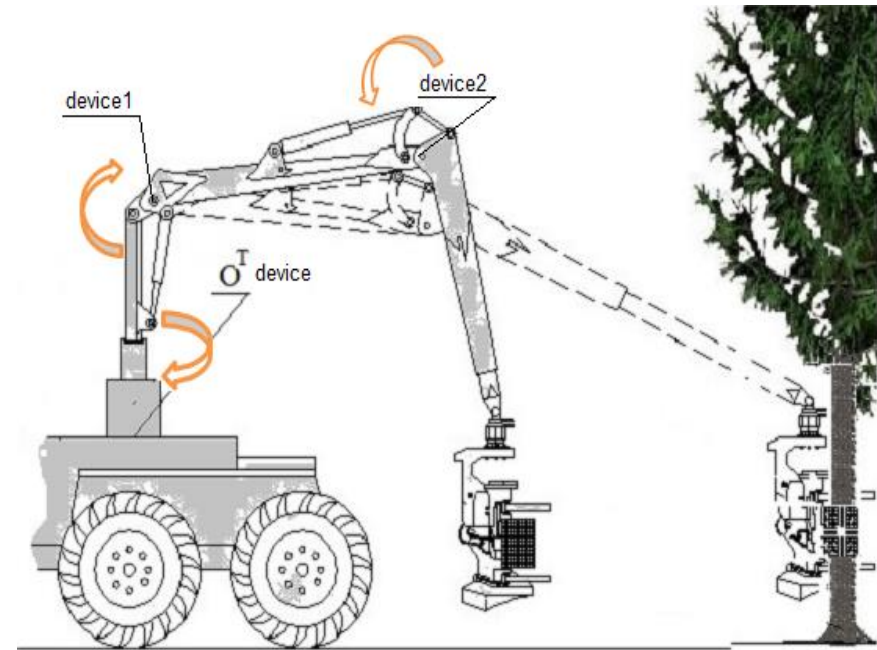
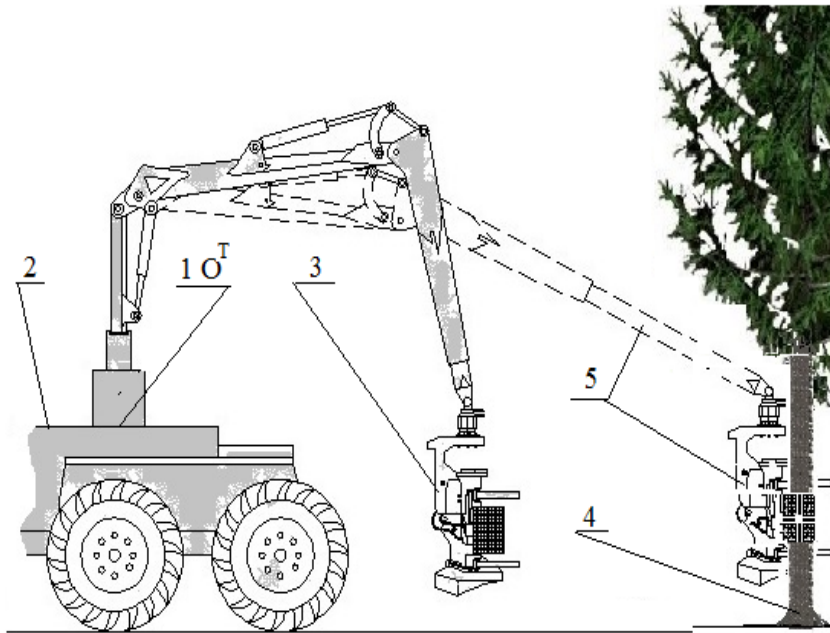
Метод визуально-математического планирования траектории движения ЛМ в локальных координатах лесосеки



Интерфейс визуально-математического планирования траектории движения ЛМ в локальных координатах лесосеки

$$\frac{dY_M}{dt} = V_{yM}; \frac{dV_{yM}}{dt} = gp_y; \frac{dX_M}{dt} = V_{xM} = const,$$

где Y_M, X_M - координаты ЛЗМ, V_{xM}, V_{yM} – составляющие скорости ЛЗМ; p_y - поперечная перегрузка модели; g - ускорение силы тяжести.



Для формализации планирования и программного управления исполнительным оборудованием ЛМ относительно опорной точки O_T использовался алгоритм и математический аппарат кватернионов:

$$q = w + xi + yj + zk = w + (x, y, z) = \cos\left(\frac{a}{2}\right) + u \sin\left(\frac{a}{2}\right),$$

где w, x, y, z – начальные координаты O_T , i, j, k – некоторые вектора, модуль которых равен $\sqrt{-1}$, u – единичный вектор.

Метод локального позиционирования ЛМ в условиях неопределенностей лесосеки

16

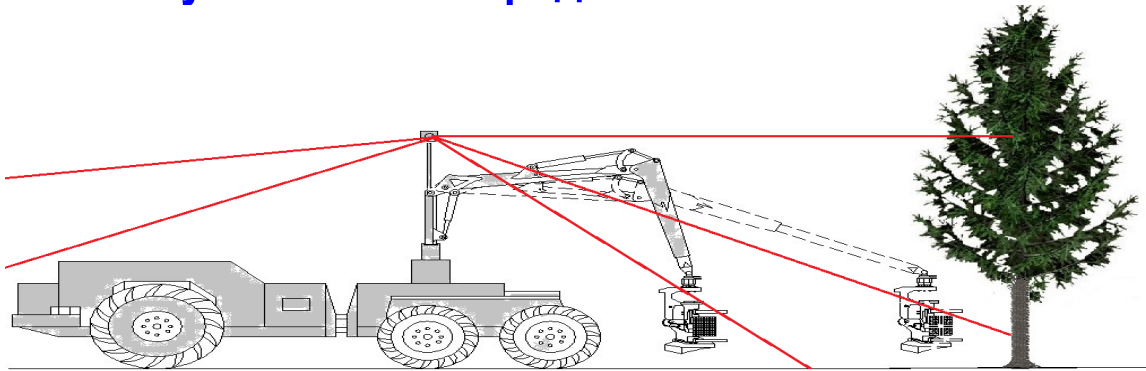
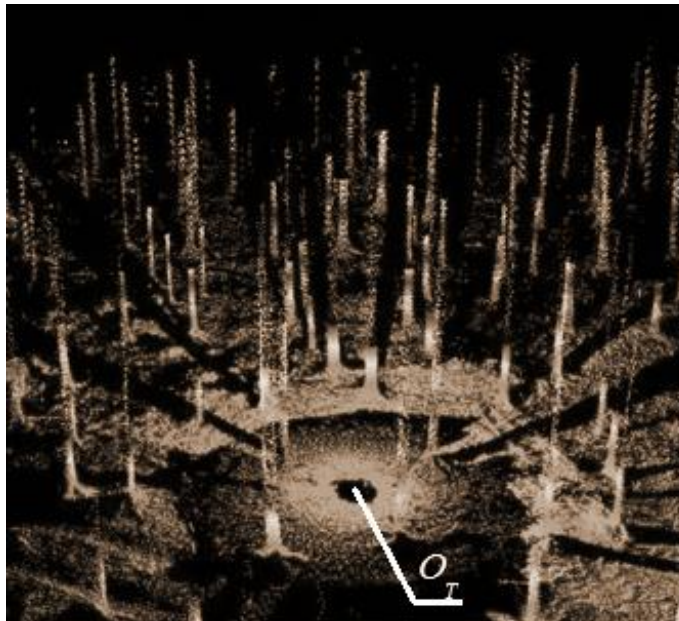
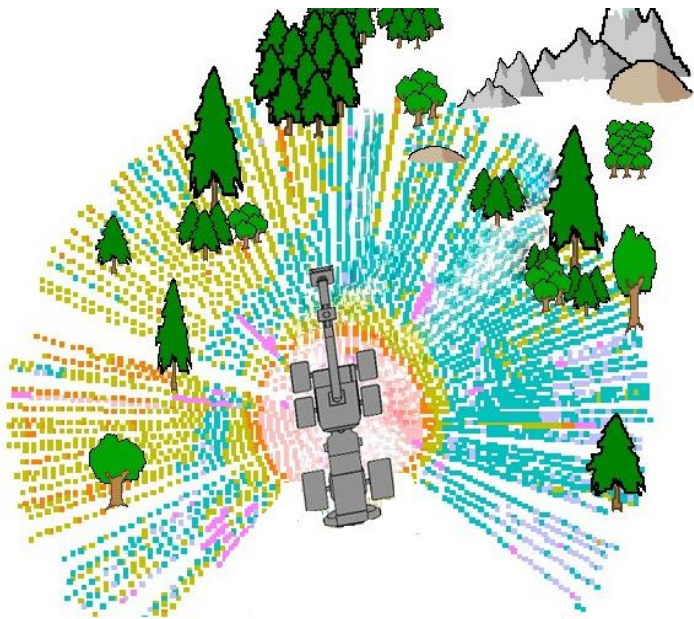


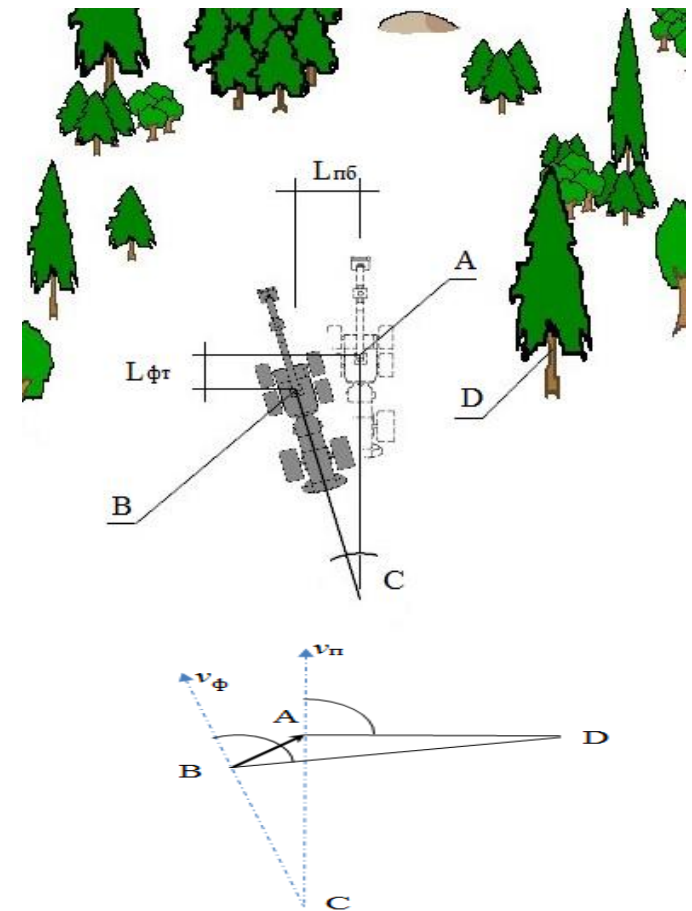
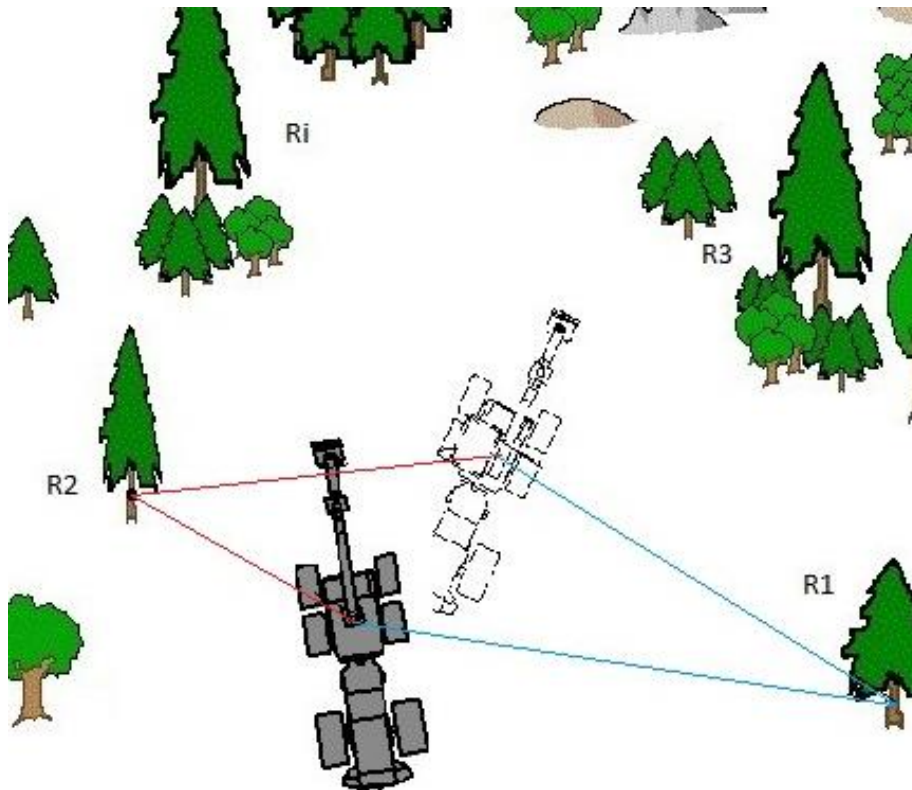
Схема монтажа бортового лазерного сканера кругового обзора, совмещенного с O^T



Алгоритм идентификации и коррекции позиционирования опорной точки ЛМ

Алгоритм корректировки позиционирования программного положения и САУ ЛМ от фактического местоположения

17



В случае расхождения данных позиционирования фактической траектории от ее виртуального образа выполняется корректировка программы САУ ЛМ на величину ошибки позиционирования опорной точки O^T ЛМ и соответственно синхронизация виртуальной модели лесосеки и её реалий.

Демонстратор транспортно-технологического модуля (ТТМ)

(видео ролик)

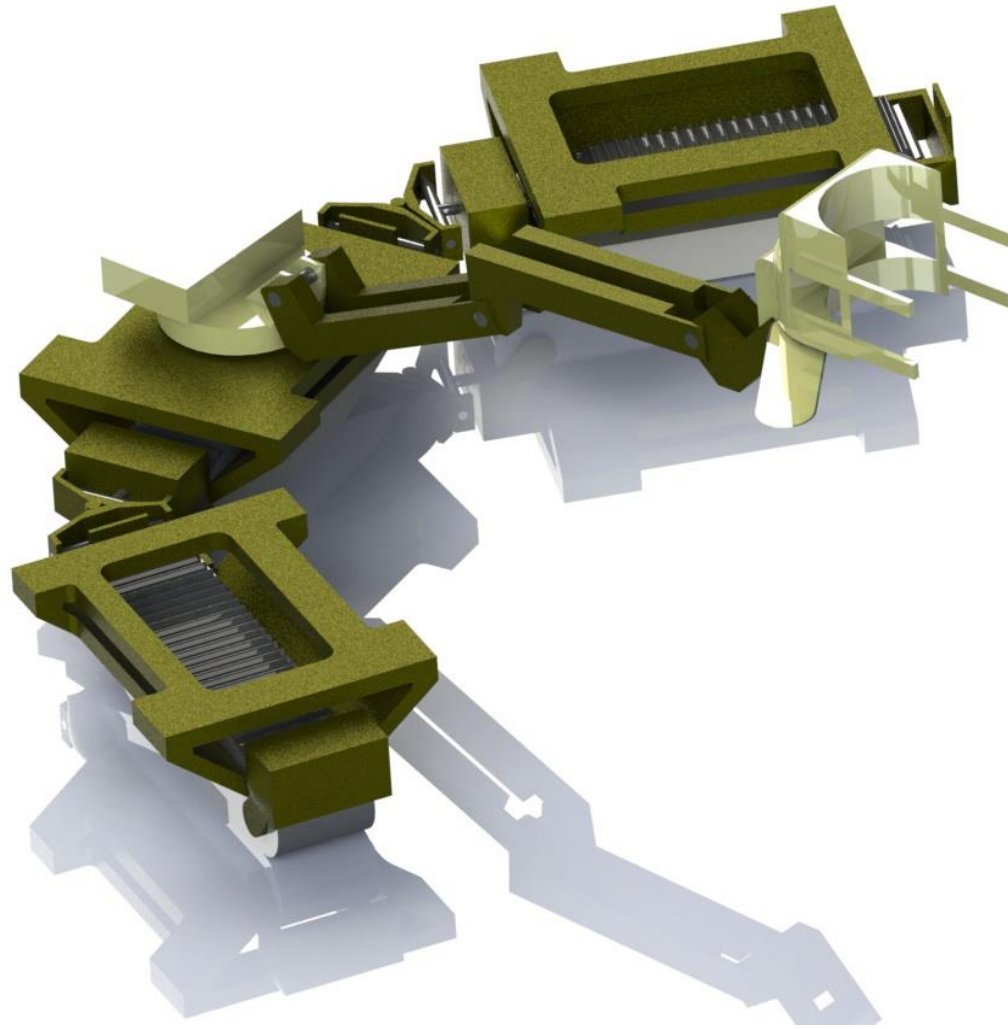
18



Способы, конструктивные решения машин и средств автоматизации их управления

Положение ТТМ

на технологической стоянке (моногосеничные блоки находятся в жесткой связке и образуют устойчивую платформу для работы оборудования)



1. Предложенная структура единой информационно-управляющей системы лесозаготовительного предприятия, основанная на системных принципах и общенаучных подходах, структуризации, унификации информационных потоков и синтезе управляющих воздействий, обеспечивает практическую возможность:

- формировать цифровые геоинформационно-математические модели лесосек и рельефа местности по данным дистанционного зондирования земли, получаемым из спектральных спутниковых снимков участков леса и облаков точек лазерного локационного сканирования древостоя (системой LIDAR), наполнять базу данных каждого из деревьев, содержащую их параметры, значения географического положения в локальных координатах лесосеки и сведения о функциональном назначении;

- выполнять электронный отвод лесосеки в рубку, обеспечивать открытость информации о проводимых работах и осуществлять добровольную сертификацию;

- встраивать имитационные модели технологических операций, машин и оборудования для корректного планирования лесосечные работ в предложенной конфигурации виртуальной среды лесосеки, включающего трассировку движения машин и элементов исполнительного оборудования в локальных координатах и с учетом неопределенностей реальных лесосек;

- формировать и отлаживать программы управления машин и оборудования на основе данных планирования;

- удаленно контролировать выполнение запланированных работ в автоматическом режиме.

2. Результаты аналитических и натурных исследований показали, что предложенная схема реконструкция существующих систем автоматического управления современными ЛЗМ обеспечит их функционирование в автоматическом режиме в условиях неопределенностей реального леса. При этом следует применять беспойсковые методы и алгоритмы адаптивного управления движением машин на основе виртуальной модели древостоя и разработанного инструментария систем позиционирования ЛЗМ в локальных координатах лесосеки. Реализация разработанных методов, алгоритмов и средств автоматического управления движением ЛЗМ позволила:

- описать математически непрерывными функциями траектории движения ЛЗМ и элементов исполнительного оборудования в локальных координатах реальной лесосеки с учетом ее рельефа (методом декомпозиции их взаимосвязей, с применением предложенной абстрактной связующей - «опорной точки» O^T);
- планировать работы и автоматически управлять движением ЛЗМ и их исполнительным оборудованием по заданным траекториям движения в локальных координатах лесосеки с учетом ее неопределенностей;
- разработать способы и конструктивные решения для локального позиционирования ЛЗМ и элементов исполнительного оборудования в условиях неопределенностей реальных лесосек на основе зондирования древостоя предложенными бортовыми программно-аппаратными средствами.
- разработать способ, технологическое и конструктивное решение для осуществления автоматического клеймения произведенной древесной продукции, учета её происхождения и мониторинга перемещений в среде ЕГАИС с использованием технических средств идентификации в условиях окружающей среды;
- обосновать требования к программно-аппаратным средствам локального позиционирования машин и элементов исполнительного оборудования, способных определить местоположение деревьев и идентифицировать их функциональное назначение - «дорожных знаков» (в кол-ве не менее 4 шт.).

A lush green forest with sunlight rays filtering through the trees and a field of white flowers in the foreground.

Благодарю за внимание!