

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Факультет «Фундаментальные науки»

Кафедра «Математическое моделирование» (ФН-12)

**ОТЧЕТ ПО УЧЕБНОЙ/ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ
ПРАКТИКЕ**

Студент

(фамилия, имя, отчество; инициалы)

Группа ФН12-61Б

Тип практики производственная/учебная

Название предприятия Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук

Студент

подпись, дата

Фамилия И.О.

Руководитель практики

подпись, дата

Фамилия И.О.

Оценка

2024 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Кафедра «Математическое моделирование» (ФН-12)

ЗАДАНИЕ
на прохождение производственной/учебной практики

на предприятии Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук

Студент

(фамилия, имя, отчество; инициалы; индекс группы)

Во время прохождения производственной/учебной практики студент должен:

1. Провести исследование в области зависимости роста различных посевных культур от таких внешних факторов, как температура воздуха, влажность почвы, концентрация CO_2 , освещенность и т.д. По полученным данным предложить функцию, определяющую объем (в у.е.) выращиваемой культуры через время Δt в зависимости от перечисленных внешних факторов
2. Разработать схему автоматизированной системы мониторинга окружающих условий, влияющих на прирост биомассы
3. Построить графики зависимости роста выбранной культуры во времени от перечисленных внешних факторов с помощью программных средств (предоставить листинг программы на языке Python)
4. Составить и визуализировать модель роста выбранной культуры в условиях контроля перечисленных внешних факторов

Дата выдачи задания «19» февраля 2024 г.

Руководитель практики от кафедры _____ / _____
(подпись, дата)

Студент _____ / _____
(подпись, дата) (Фамилия И.О.)

Содержание

1	Введение	2
2	Выдвижение гипотезы	3
3	Моделирование	4
4	Список источников	5
5	Приложение	6

1 Введение

2 Выдвижение гипотезы

Используя функцию Гаусса для описания роста растений в зависимости от температуры [2], после проведенного нами исследования в области контролируемого роста микрозелени, можем предложить гипотетическую функцию, адаптированную для описания зависимости скорости роста выращиваемой микрозелени от температуры:

$$R(T) = R_{max} * e^{-\frac{(T-T_{opt})^2}{2\sigma_T^2}}, \quad (1)$$

где R_{max} - максимальная скорость роста микрозелени, T_{opt} - оптимальная температура для роста, σ_i - параметр, влияющий на ширину кривой.

Аналогично применим функцию Гаусса для записи зависимости роста от влажности почвы H_{soil} и влажности воздуха H_{air} :

$$R(H_{soil}) = R_{max} * e^{-\frac{(H_{soil}-H_{soilopt})^2}{2\sigma_H^2}}, R(H_{air}) = R_{max} * e^{-\frac{(H_{air}-H_{airopt})^2}{2\sigma_H^2}} \quad (2)$$

Приведенные зависимости сопоставимы с нормальным распределением, но это не затрагивает зависимость скорости роста от освещенности и концентрации CO_2 . Начально увеличение концентрации может увеличить скорость фотосинтеза и, следовательно, способствовать росту растений. Однако, после достижения определенного уровня, дополнительное увеличение концентрации может не привести к дополнительному увеличению фотосинтеза.

Таким образом, зависимость роста от интенсивности света и концентрации CO_2 имеет логарифмическое распределение.

Для описания первой зависимости используем закон Фаркаса-вон Кайца-Бёрка (FvCB):

$$R(I) = \frac{R_{max}I}{k + I}, \quad (3)$$

где R_{max} - максимальная скорость роста при бесконечной интенсивности света, I - интенсивность света, k - коэффициент, определяющий, насколько интенсивность света влияет на рост.

Для описания второй зависимости используем уравнение Михаэлиса-Ментен, которое часто используется для моделирования зависимости ферментативных процессов от концентрации субстрата:

$$R(CO_2) = R_{max} * \frac{[CO_2]}{K_m * [CO_2]}, \quad (4)$$

где R_{max} - максимальная скорость роста, $[CO_2]$ - концентрация CO_2 , K_m - константа Михаэлиса, характеризующая концентрацию CO_2 , при которой скорость роста достигает половины своего максимального значения.

Все параметры σ_i , константа Михаэлиса K_m и максимальные значения сухой массы и скорости роста находятся экспериментальным путем.

В предположении, что искомая функция формируется из мультипликативных составляющих, приводим вид общей функции зависимости скорости роста растения от перечисленных выше параметров:

$$R = R(T) * R(H_{soil}) * R(H_{air}) * R(I) * R(CO_2) \quad (5)$$

3 Моделирование

Проводится управление параметрами:

- T - например, дневная интенсивность света I увеличивает температуру в помещении. С помощью терморегулятора появляется возможность поддерживать температуру на оптимальном уровне
- H_{soil} - регулируется поливом
- H_{air} - регулируется увлажнителем и системой вентиляции
- I - возможность менять время суток (день/ночь) для лучшего фотосинтеза растения. На данный момент принято считать количество часов для дня и ночи равными величинами.

Неконтролируемые параметры:

- CO_2 - зависит от протекания процесса фотосинтеза растения, который может быть скорректирован внешними параметрами

Для упрощения на данном этапе зафиксируем:

$$T = T_{opt}$$
$$H_{soil} = H_{soilopt} \text{ (в дальнейшем получит моделирование синусоподобной функцией)}$$

Искомую сухую массу растения M на каждой итерации будем вычислять по формуле:

$$M(k+1) = M(k) + R * \delta t, \quad (6)$$

где k - номер итерации

Также на каждой итерации будет происходить пересчет следующих параметров.

1.

$$H_{air}(k+1) = H_{const} + H_{air,ampl} * \sin(2\pi * t/24), \quad (7)$$

в предположении что изменения происходят приближенно к функции $\sin(x)$, $ampl = const$ - процент изменения показателя, H_{const} - оптимальная влажность воздуха

2.

$$CO_2(k+1) = CO_{2,const} + CO_{2,ampl} * \sin(2\pi * t/24), \quad (8)$$

4 Список источников

1. Dmitrii Filatov, Igor Olonin Optimal ratio of spectrum, light intensity and photoperiod to minimize costs when growing microgreens. E3S Web of Conferences 383, 04074, 2023.
2. Peijian Shi, Feng Ge A comparison of different thermal performance functions describing temperature-dependent development rates. Journal of Thermal Biology 35, 2010.

5 Приложение