



**ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ
КАФЕДРА ММСА**

**Тема: “Деякі підходи до зниження екологічних ризиків
кадастрових ділянок з використанням динамічного
програмування Беллмана”**

Виконавець роботи:

студент

групи КА–51м

Курдуп Іван Олександрович

Науковий керівник:

к.фіз.-мат.н., доцент

Яковлева А. П.

Київ - 2017

Постановка задачі дослідження

- Дослідити фізико-механічні властивості ґрунтів та дію на них опорних споруд на земельних ділянках
- Сформулювати постановку оптимізаційної задачі
- Побудувати функціонал для оптимізації та застосувати динамічне програмування Беллмана при поставлених обмеженнях
- Розробити оригінальну архітектуру та реалізувати комп'ютерну систему для пошуку оптимального розташування захисних споруд.
- Зробити огляд можливих шляхів поліпшення точності алгоритму.



Актуальність задачі

Ряд факторів, зокрема посилена вирубка лісу та масове будівництво, спричиняють значне погіршення фізико-механічних властивостей ґрунтів на похилих ділянках землі, що призводить до підвищення ризику виникнення таких екологічних лих як обвали та зсуви.



ДНІПРОПЕТРОВСЬК

Дніпро, 2012 р., 34 млн. грн.

5



Чернівці, 2007 р., 20 млн., 2000 га

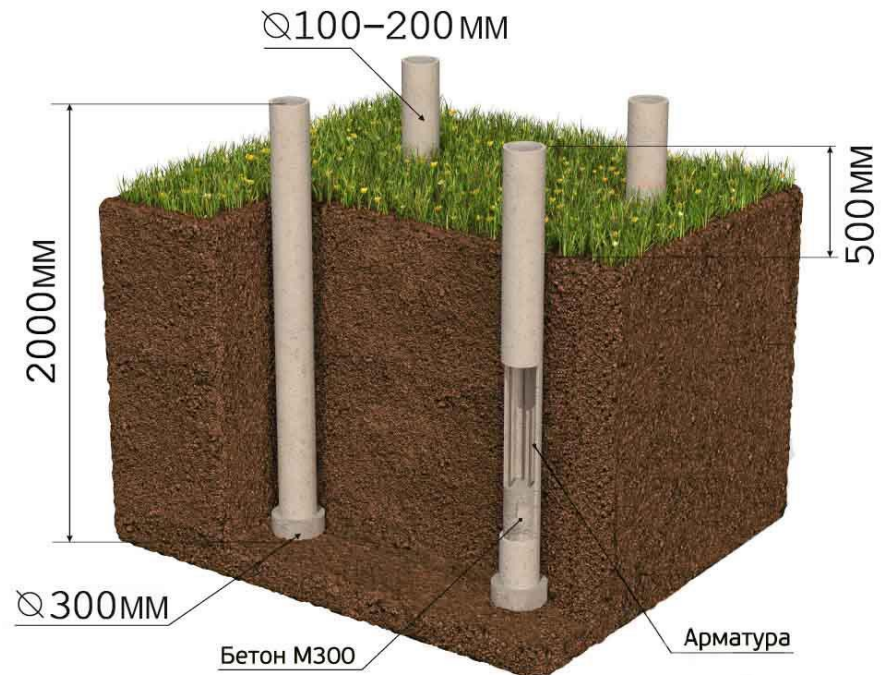




Чорноморськ,
2016

Актуальність задачі

Густий рослинний покрив – найкращий захист від зсуву, але ті декілька років, поки коренева система нових дерев не розвинеться, необхідно штучно стримувати зсуви. Одним з найпоширеніших способів на сьогодні є використання свайних загороджень.

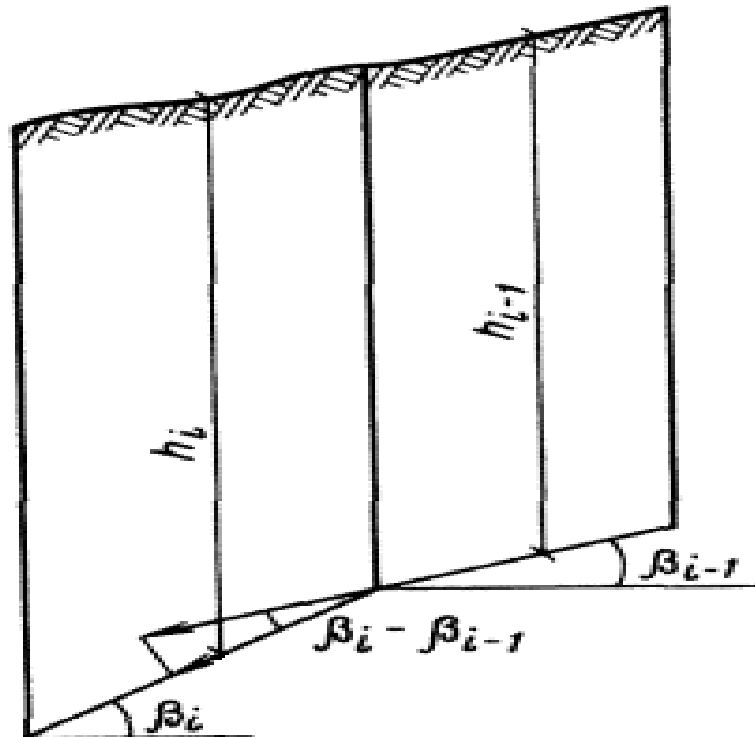


Постановка задачі

Нехай маємо ділянку з характерними схилами та фізико-механічними характеристиками (γ, φ, C) , де γ - об'ємна вага ґрунту, φ - кут внутрішнього тертя, C - коефіцієнт зчеплення ґрунтів. h_i^v - вертикальна потужність затопленого тіла схилу. Маємо певну обмежену кількість свай N , які ми можемо встановити на нижній межі будь-якої призми, проте завжди так, щоб вони були розміщені по всій її ширині. Фізико-механічні характеристики підстилаючого материкового ґрунту вважаємо такими, що він є незміщеним. Необхідно встановити сваї на ділянці так, щоб максимізувати стійкість ділянки до зсуву.

Побудова функціоналу

Вертикальними лініями розіб'ємо схил на призмочки так, щоб на кожній призмі кут нахилу материкового ґрунту β_i був приблизно однаковий.



Побудова функціоналу

Тоді на кожну призму діє результуюча сила T_i' , що складається з протидіючих сил зсуву і сил стримування:

$$T_i' = P_i(\sin \beta_i - \cos \beta_i \operatorname{tg} \varphi) + P_i^{ph}[\cos(\beta_i - \alpha_i) - \sin(\beta_i - \alpha_i) \operatorname{tg} \varphi] + P_i^v \cos \beta_i \operatorname{tg} \varphi - CS + T_{i-1}[\cos(\beta_{i-1} - \beta_i) - \sin(\beta_{i-1} - \beta_i) \operatorname{tg} \varphi] \quad (1)$$

Тут $P_i = h_i \gamma S$ - вага призми, $P_i^v = h_i^v \gamma_{water} S(1 - n')$ - взважуюча вага води, де n' - об'єм пустот в одиниці об'єму ґрунтової маси, γ_{water} - об'ємна вага води, $P_i^{ph} = h_i^v \gamma_{water} S \operatorname{tg} \alpha_i$ - фільтраційна вага, α_i - кут нахилу депресіонної поверхні в центрі основ призм, який визначається з виразу :

$$\operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{ctg} \beta - \frac{2C}{\gamma h(\sin^2 \beta - 0.5 \sin 2\beta \operatorname{tg} \varphi)}$$

Побудова функціоналу

При встановленні свай існує обмеження на їх кількість. Щоб ґрунт не просочувався між ними, відстань між сусідніми сваями l_i на кожній окремій призмі i не має перевищувати граничного значення $l_i^{\max}$. Тобто, якщо G_i - ширина призми i , то мінімальна кількість свай на ній $n_i^{\min} = G_i / l_i^{\max}$. Ця гранична відстань описується формулою:

$$l_i^{\max} = 2htg \frac{\theta}{2} tg \varphi + \frac{2ch}{\Delta T_i \cos \frac{\theta}{2}} + \frac{d}{2} \cos \frac{\theta}{2} \quad (2)$$

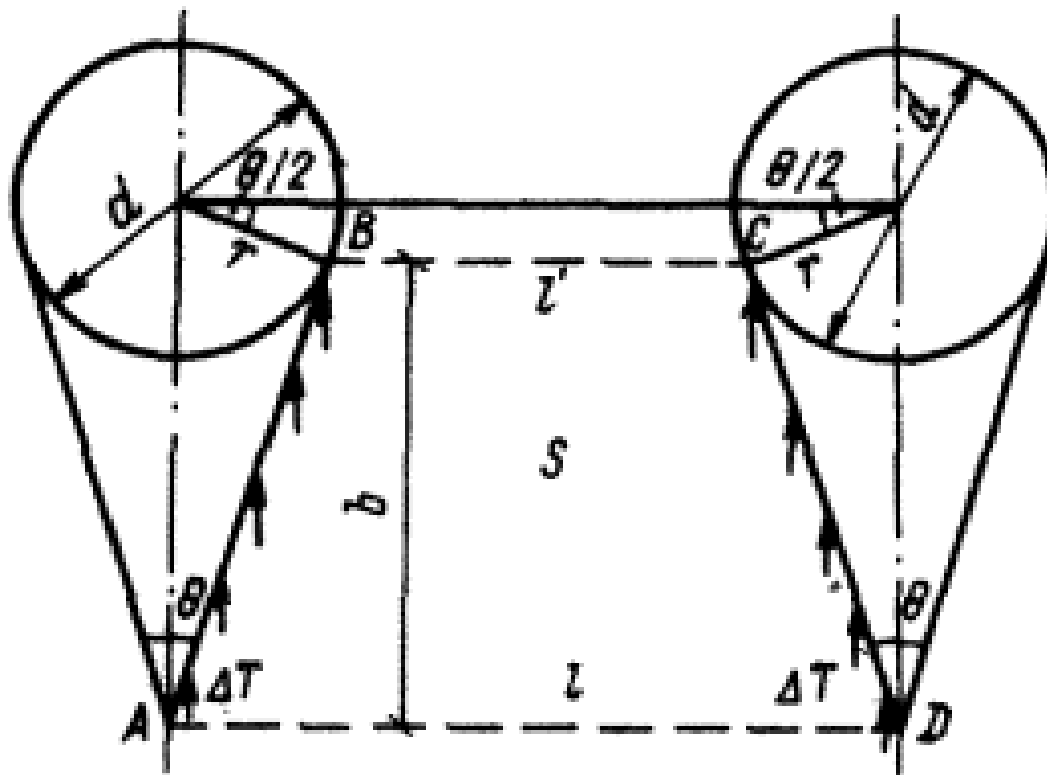
Зрозуміло, що якщо d - діаметр сваї, то $n_i^{\max} = G_i / d$.

Тут $\angle \theta = 90^\circ - \varphi$, h - заглиблення сваї в материковий ґрунт, ΔT_i - зсувна сила на одиницю площі S_i зони $ABCD$.

Побудова функціоналу

Площа зони $ABCD$ визначається за формулою:

$$S_i = 0.5(2l_i - d) \frac{d(1 - \sin^2 \frac{\theta}{2})}{2 \sin \frac{\theta}{2}} \quad (3)$$



Побудова функціоналу

Тоді в кожній такій зоні формуються сили опору зсуву, що описуються формулою:

$$T_i^{onip} = (\Delta T_i \sin \frac{\theta}{2} \operatorname{tg} \varphi + C) d \operatorname{ctg} \frac{\theta}{2} h \quad (4)$$

Тому, якщо на призмі встановлено n свай, то їх загальний опір:

$$U_i = (n_i - 1) T_i^{onip} \quad (5)$$

Цю величину ми й приймемо за керування.

Побудова функціоналу

Таким чином, після встановлення свай, враховуючи (1) та (5) результуюча сила на схилі набуває вигляду:

$$T(U) = \sum_i (T_i' - U_i) = \sum_i T_i \quad (6)$$

■ Отже, маємо постановку задачі оптимізації:

Функціонал $T(U)$ необхідно мінімізувати, варіюючи керування U_i при обмеженнях на n_i :

Якщо на призмі i свай встановлюються, то їх кількість повинна бути в межах $n_i \in [n_i^{\min}, n_i^{\max}]$ (2), при загальній кількості свай для схилу N .

Загальний алгоритм

Нехай на схилі ми виділили j призм. Тоді:

- Етап 1. Планування верхньої призми 1.

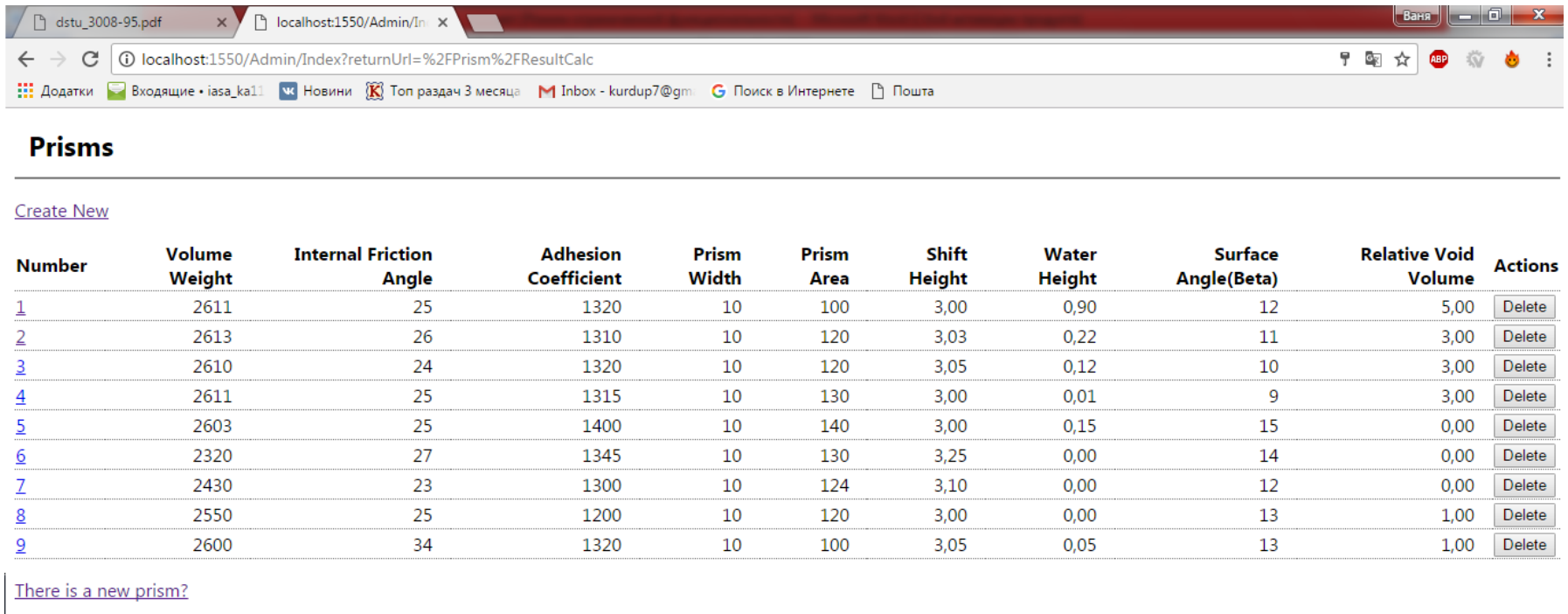
На призмі 1 можна було встановити 0 свай, або ж кількість з відрізка $n_1 \in [n_1^{\min}, n_1^{\max}]$. Для кожного з цих рішень знаходимо значення $T(U)$.

- Етап 2. На призмі 2 - аналогічні обмеження. Ми перебираємо всі допустимі значення з $n_{j-1} \in [0, N]$, виділяючи ці n_{j-1} свай першим двом призмам. та для кожного з них фіксуємо таке n_j , щоб для обох призм $T(U)$ був оптимальним.

Етапи 3,... j - аналогічно другому. На етапі j одразу виділяється N свай.

Результати роботи

За допомогою фреймворку ASP.NET MVC була створена програмна реалізація продукту для роботи з браузеру.



Prisms

[Create New](#)

Number	Volume Weight	Internal Friction Angle	Adhesion Coefficient	Prism Width	Prism Area	Shift Height	Water Height	Surface Angle(Beta)	Relative Void Volume	Actions
1	2611	25	1320	10	100	3,00	0,90	12	5,00	Delete
2	2613	26	1310	10	120	3,03	0,22	11	3,00	Delete
3	2610	24	1320	10	120	3,05	0,12	10	3,00	Delete
4	2611	25	1315	10	130	3,00	0,01	9	3,00	Delete
5	2603	25	1400	10	140	3,00	0,15	15	0,00	Delete
6	2320	27	1345	10	130	3,25	0,00	14	0,00	Delete
7	2430	23	1300	10	124	3,10	0,00	12	0,00	Delete
8	2550	25	1200	10	120	3,00	0,00	13	1,00	Delete
9	2600	34	1320	10	100	3,05	0,05	13	1,00	Delete

[There is a new prism?](#)

Рис. 1 – Заповнення даних

Результати роботи

Shifts Optimization

Are you geologist? [Login](#)

Advertisements

Results

	Number of Prism	Optimal stilts' quantity	Load Reduction
1	11		2,92
2	11		3,03
3	11		2,86
4	11		2,92
5	50		2,92
6	34		2,91
7	11		2,70
8	11		2,91
9	50		3,56

[View Slope](#)

Windows taskbar: 21:30 09.06.2017

Рис. 2 – Виведення результату

ВИСНОВКИ

У роботі було досліджено проблему попередження зсувів на кадастрових ділянках, сформульовано математичну постановку задачі та побудовано функціонал та розглянуто особливості застосування динамічного програмування Беллмана. Як результат було створено програмну реалізацію розв'язку задачі для її дослідження за різних вхідних даних.

Публікації : статті

- Публікація статті **«ПІДХІД ДО ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ КАДАСТРОВИХ ДІЛЯНОК ДО ОБВАЛІВ ТА ЗСУВІВ»**

А. П. Яковлева, В. Я. Данилов, І. О. Курдуп

в фаховому журналі конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2017)»





ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!
