

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра «Інженерії програмного забезпечення» (№ 603)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис)

Л.О. Волобуєва
(ініціали та прізвище)

« 29 » __08__ 2025 р.

СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Екосистеми програмного забезпечення

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: F Інформаційні технології

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: F2 Інженерія програмного забезпечення

(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: Інженерія програмного забезпечення (ОПП)

(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Силабус введено в дію з 01.09.2025 року

Харків – 2025 р.

Розробник: Ігор ТУРКІН, д.т.н., проф.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри інженерії програмного забезпечення (№ 603)

Протокол № 1 від « 29 » серпня 2025 р.

Завідувач кафедри д-р техн.наук., проф.
(науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Ігор ТУРКІН
(ініціали та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти
Представник студентського самоврядування


(підпис)

Діана ДИКУН
(ініціали та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



ПІБ: Туркін Ігор Борисович

Посада: завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення

Науковий ступінь: доктор технічних наук

Вчене звання: професор.

Перелік дисциплін, які викладає:

- Основи програмної інженерії
 - Екосистеми програмного забезпечення
 - Системи реального часу
 - НДР магістра.
-

Напрями наукових досліджень: інженерія програмного забезпечення, екосистеми програмного забезпечення та цифрові платформи, програмне забезпечення бортових мікроконтролерів супутників та БПЛА.

Контактна інформація:

E-mail: i.turkin@khai.edu

Signal: IhorTurkin.89

2. Опис навчальної дисципліни

Форми навчання - інституційна (очна (денна, вечірня), заочна, дистанційна, мережева).

Семестр, в якому викладається дисципліна – 1 семестр.

Дисципліна – обов'язкова.

Загальна кількість годин за навчальним планом – 120 годин (4 кредити ЄКТС), у тому числі аудиторних – 48 годин, самостійної роботи здобувачів – 72 годин:

Види занять – лекції, практичні роботи, самостійна робота здобувача.

Види контролю – поточний, модульний та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

Мова викладання – українська.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета - оволодіння професійними і особистісними компетентностями, які дадуть можливість визначати мету та стратегію сталого розвитку програмного забезпечення відповідно до політики організації в галузі сталого розвитку, а також застосовувати незалежне мислення і технологічну обізнаність для інтеграції розрізнених концепцій до надання унікальних рішень.

Завдання - навчити студентів розуміти принципи застосування наукових основ екології до вирішення задач інженерії ПЗ, а також надати основні знання щодо сучасних інновацій в галузі інформаційно-комунікаційних технологій та інженерії ПЗ.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність:

Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері інженерії програмного забезпечення та з дотичних до неї міждисциплінарних напрямів, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

Загальні компетентності:

ЗК05. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

Фахові (спеціальні) компетентності:

СК01. Здатність аналізувати предметні області, формувати, класифікувати вимоги до програмного забезпечення.

СК07. Здатність критично осмислювати проблеми у галузі інформаційних технологій та на межі галузей знань, інтегрувати відповідні знання та розв'язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах.

СК08. Здатність розробляти і координувати процеси, етапи та ітерації життєвого циклу програмного забезпечення на основі застосування сучасних моделей, методів та технологій розроблення програмного забезпечення.

СК09. Здатність забезпечувати якість програмного забезпечення.

СК11. Здатність діяти відповідно до політики організації в частині сталого розвитку програмного продукту та процесів життєвого циклу.

Програмні результати навчання:

РН01. Знати і застосовувати сучасні професійні стандарти і інші нормативно-правові документи з інженерії програмного забезпечення

РН03. Будувати і досліджувати моделі інформаційних процесів у прикладній області.

РН05. Розробляти, аналізувати, обґрунтовувати та систематизувати вимоги до програмного забезпечення.

РН13. Конфігурувати програмне забезпечення, керувати його змінами та розробленням програмної документації на всіх етапах життєвого циклу.

РН14. Прогнозувати розвиток програмних систем та інформаційних технологій.

РН17. Збирати, аналізувати, оцінювати необхідну для розв'язання наукових і прикладних задач інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела.

РН19. Розуміти завдання інженерії програмного забезпечення для реалізації концепції сталого розвитку суспільства.

Пререквізити – Науково-дослідницька робота магістра.

Кореквізити – відсутні.

Постреквізити – Переддипломна практика.

4. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Екосистеми програмного забезпечення

Тема 1. Вступ. Патерни програмного забезпечення систем реального часу

Анотація: Постановка теми. Міждисциплінарні зв'язки дисципліни «Екосистеми програмного забезпечення». Модель дисципліни "Екосистеми ПЗ".

Політика навчального курсу. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі. Виникнення екології, як самостійної наукової дисципліни, Ернст Геккель. Екосистема (приклад) - Атмосфера. Глобальний цикл азоту. Закони екології. Екосистема атмосфери. Харчовий трофічний ланцюг. Харчові піраміди. Види взаємодій. Аналогії між біологічними і економічними системами. Історія економічних екосистем. Екологічні принципи. Екологічний підхід до дослідження, створення і застосування зелених інформаційних систем, технологій та програмного забезпечення. Зелені обчислення, інформаційні системи, технології, програмне забезпечення. Завдання дослідження екосистем програмного забезпечення. Моніторинг екосистем ПЗ. Еволюція моделей розробки ПЗ. Визначення терміна «Екосистема ПЗ». Екосистема ІТ-Україна. Екосистема ІТ-Україна: ринок праці. Екосистема програмного забезпечення - 3 точки зору: 1. Business Viewpoint - точка зору бізнесу, 2. Software Viewpoint, 3 Інновації -Innovation Viewpoint. Приклади екосистем ПЗ Windows. Класифікація екосистем програмного забезпечення. Класифікація екосистем на ринку мобільних систем. Моделювання екосистем ПЗ: моделі, представлення і точки зору. Модель і метамодель. Метамодель екосистеми ПЗ. Модель екосистеми ПЗ (Use case). Приклад моделі екосистеми програмного забезпечення в Україні. Проблеми моделювання в екології програмного забезпечення. Засоби моделювання екосистем програмного забезпечення. Задачі дослідження екосистем.

Тема лекції 1. Вступ. Критерії оцінювання успішності студентів. Політика навчального курсу. Що таке екологія та екосистеми?

Тема лекції 2. Екологічний підхід до дослідження, створення і застосування зелених інформаційних систем, технологій та програмного забезпечення.

Тема лекції 3. Екосистеми програмного забезпечення та їх аналіз.

Тема практичного завдання 1. Статична модель екосистеми ПЗ.

Тема практичного завдання 2. Моделювання динамічних процесів розвитку популяцій в екосистемі.

Тема практичного завдання 3. Модель Ферхлюста.

Самостійна робота здобувачів: опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до практичних занять, проходження тестування за результатами роботи на практичних заняттях, формування питань до викладача.

Тема 2. Інноваційні ІТ-екосистеми

Анотація: Інновація - визначення. Цикл повернення інвестицій в НДДКР через інноваційні технологічні прориви. Еволюція програмного забезпечення. Крива зрілості технологій Гартнера. Інноваційні ІТ-екосистеми: інтерфейс

жестів, технології gesture-based computing, криптовалюта. Хмарні технології . Види хмар: Personal Cloud, Hybrid IT and Cloud Computing, Cloud and Fog. Enterprise App Stores. Actionable Analytics. In Memory Computing and Cloud. Strategic Big Data. Носимий комп'ютер - Wearable Computer. Інтерфейс «мозок-комп'ютер». Голосовий і матеріальний інтерфейс користувача. Інтернет речей (IoT - Internet of Things). Історія IoT. M2M (Machine-To-Machine). Інтернет речей: прогноз, екосистема, перспективи. Архітектури мережевого підключення інтелектуальних об'єктів. Еталонна модель IoT, рекомендована MCE-T. Приклади Інтернету речей – сімейство протоколів верхнього рівня ZigBee, перекладач з мови жестів: реалізація методу опорних векторів на Intel Edison. Проект «Розумна Шафа», Arduino, розумні гаджети, Британський стартап Thingful. Інтернет речей - проблеми. Інтернет речей і Microsoft.

Тема лекції 4. Інновації.

Тема лекції 5. Крива зрілості технологій Гартнера.

Тема лекції 6. Приклади інновацій.

Тема практичного завдання 4. Використання інноваційних технологій Гартнера в дипломному проєкті.

Тема практичного завдання 5. Використання ГШІ в дипломному проєкті.

Тема практичного завдання 6. Аналіз можливості комбінації інноваційних технологій Гартнера в дипломному проєкті

Самостійна робота здобувачів: опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до практичних занять, проходження тестування за результатами роботи на практичних заняттях, формування питань до викладача.

Модульний контроль 1

Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).

Змістовий модуль 2. Методи та засоби побудови енергетично ефективного ПЗ.

Тема 3. Методи та засоби енергозощаджувального використання обчислювальних ресурсів.

Анотація: Методи та засоби енергозощаджувального використання обчислювальних ресурсів. Щорічний приріст населення. Прогноз розвитку людства. Екологічний слід України. Калькулятор екологічного сліду. Резолюція, прийнята Генеральною Асамблеєю ООН 25 вересня 2015 року. Викиди CO₂ першої двадцятки країн світу. Sustainable development - життєздатність, дієздатність, сталий розвиток. Три виміри сталого розвитку: екологічний,

економічний та соціальний. Слабка і сильна стійкість. Покоління екологічних проблем. Проблеми «нуль-нескінченність». "Зелена" економіка. Основні пріоритети і напрямки використання "зелених" ІКТ. Модель якості "Green and Sustainable Software". Зелені процеси життєвого циклу інформаційної системи. Способи вирішення завдань забезпечення екологічності процесів створення та застосування програмного забезпечення. Критерії оцінки «зеленого» інформаційних систем, технологій та програмного забезпечення. Методи, принципи і засоби створення зелених систем, технологій і програмного забезпечення. Наближені та ймовірнісні обчислення. Перспективи енергозбереження обчислень: Approximate Computing. Дисципліновані наближені обчислення.

Тема лекції 7. Методи та засоби енергозаощаджувального використання обчислювальних ресурсів.

Тема лекції 8. Sustainable development - життєздатність, дієздатність, сталий розвиток.

Тема лекції 9. Методи, принципи і засоби створення зелених систем, технологій і програмного забезпечення.

Тема практичного завдання 7. Розрахунок власного екологічного сліду.

Тема практичного завдання 8. Аналіз накопичення помилок при Approximate Computing.

Самостійна робота здобувачів: опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до практичних занять, проходження тестування за результатами роботи на практичних заняттях, формування питань до викладача.

Тема 4. Методи та засоби енергетичного профілювання програмних додатків.

Анотація: Закон Гордона Мура, теорія масштабування Денарда (Dennard's Scaling Theory). Характеристики мікропроцесорів. Вартість транзистора на чіпі. Вартість Інтернет-комунікацій. Рівні енергозбереження в комп'ютері. Метод динамічного зміни напруги в енергозберігаючих технологіях SpeedStep, PowerNow!, Cool'n'Quiet, стандарт управління живленням та налаштуванням ACPI (Advanced Configuration і Power Management). Енергозбереження обчислень на рівні ОС та на рівні прикладних програм. Інструментальні засоби енергетичного профілювання додатків: Powertop, Joulemeter, Intel Power Gadget, Intel VTune Amplifier, XCode, Power Profiler.

Тема лекції 10. Закон Гордона Мура, теорія масштабування Денарда .

Тема лекції 11. Рівні енергозбереження в комп'ютері.

Тема лекції 12. Інструментальні засоби енергетичного профілювання додатків.

Тема практичного завдання 9. Об'єкти та функції Windows API для профілювання програмного забезпечення.

Тема практичного завдання 10. Функції Android API для обчислення часу та поточної споживаної потужності.

Тема практичного завдання 11. Використання Joulemeter для профілювання програмного забезпечення.

Самостійна робота здобувачів: опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до практичних занять, проходження тестування за результатами роботи на практичних заняттях, формування питань до викладача.

Модульний контроль 2

Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).

5. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом

6. Методи навчання

Лекції з елементами інтерактиву (пояснення з використанням презентацій, прикладів, міні-опитувань). *Практичні заняття* – підготовка та захист звітних документів. Робота в малих групах – колективний аналіз наданих документів. *Використання системи онлайн-тестування.* *Самостійна робота* – індивідуальні завдання, робота з електронними матеріалами та онлайн-курсами. *Консультації* – індивідуальні та групові (очно або онлайн) для підтримки та корекції навчального процесу.

7. Методи контролю

Поточний контроль: опитування на лекціях та практичних заняттях; програмований контроль (тестування, онлайн-тести); оцінювання виконання індивідуальних і групових практичних завдань.

Модульний контроль: складання модульного контролю;

Підсумковий контроль: іспит.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Таблиця 8.1 – Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Тестування після лекції	0..1	8	0..8
Виконання і захист практичних робіт	2...5	4	8...20
Модульний контроль (тестування)	0...22	1	0...22
Змістовний модуль 2			
Тестування після лекції	0..1	8	0..8
Виконання і захист практичних робіт	2...5	4	8...20
Модульний контроль (тестування)	0...22	1	0...22
Усього за семестр			60...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість повторно пройти контроль знань та покращити свою оцінку з теорії. Тест складається з 30 питань та виконується з обмеженням часу – 30 хвилин.

Таблиця 8.2 – Шкали оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційний залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Мати уявлення про сутність екологічної кризи і сталого розвитку як єдиного шляху виходу з кризи; сутність «зелених» інформаційних технологій, «зеленого» програмного забезпечення, цифрових екосистем, екосистем програмного забезпечення;

складові концепції сталого розвитку - економічну, соціальну, екологічну та єдність складових; екологічної складової та її зв'язку з інформаційними системами, технологіями і програмним забезпеченням.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум, здати тестування та позааудиторну самостійну роботу. Розуміти необхідність сталого розвитку як єдиного шляху виходу з кризи; сутність «зелених» інформаційних технологій, «зеленого» програмного забезпечення, цифрових екосистем, екосистем програмного забезпечення; складові концепції сталого розвитку - економічну, соціальну, екологічну та єдність складових. визначення інформаційних технологій (ІТ) та інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Вміти застосовувати екологічний підхід до дослідження, створення і застосування інформаційних систем, технологій та програмного забезпечення; застосовувати засоби вирішення завдань забезпечення екологічності процесів створення та застосування програмного забезпечення (сервера-леза, нульові клієнти, міні фрейми, віртуальні машини, хмарні сервіси, «зелені» інформаційні системи, Grid- обчислення, платформи електронного документообігу). Вміти отримувати знання про характеристики програмного забезпечення як об'єкта досліджень екологічного підходу. Вміти моделювати екосистеми програмного забезпечення в кількісних і якісних аспектах

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та вміти застосовувати їх.

9. Політика навчального курсу

Процедура відпрацювання пропущених занять: здобувач самостійно ознайомлюється з пропущеним матеріалом: лекційними конспектами, навчальними презентаціями, записами занять або додатковими матеріалами, наданими викладачем. Пропущене практичне заняття відпрацьовується шляхом виконання всіх завдань, передбачених для цього. За потреби здобувач може узгодити індивідуальну консультацію з викладачем для роз'яснення складних тем або перевірки виконаних завдань. Після виконання завдань здобувач надає результати викладачу для перевірки у форматі звіту про виконану роботу. Виконане заняття оцінюється за тими ж критеріями, що і основне заняття. Відпрацювання вважається успішним після схвалення викладачем результатів та підтвердження засвоєння матеріалу.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>). Очікується, що розроблені здобувачами програми та звіти до

них будуть оригінальними. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикивання джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення та інформаційні ресурси

Підручники, навчальні посібники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, методичні рекомендації з проведення лабораторних робіт тощо, які видані в Університеті знаходяться за посиланням:

1. Дистанційний курс дисципліни розроблено у системі дистанційного навчання Mentor, яку впроваджено в Національному аерокосмічному університеті ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», доступ до курсу за посиланням: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=221>.

11. Рекомендована література

Базова

1. Основи екології : навч. посіб. / В. О. Аніщенко. — К.: ДП «Вид. дім. «Персонал», 2011. — 148 с. — Бібліогр. : 140–145 с. ISBN 978-617-02-0077-8
2. Архітектура комп'ютерів та периферійні пристрої: Навч. посібник / С. Є. Бантюков, О. В. Чаленко, В. С. Меркулов та ін. — Харків: УкрДУЗТ, 2018. — Ч. 1. — 116 с.. ISBN 978-617-654-083-0
3. Kharchenko, V., Kondratenko, Y., Kacprzyk J. (eds.): Green IT Engineering: Concepts, Models, Complex Systems Architectures. Studies in Systems, Decision and Control, vol. 74. Springer, Cham (2017). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-44162-7>
4. Turkin, I., Vykhodets, Y. (2019). Software Engineering Sustainability Education in Compliance with Industrial Standards and Green IT Concept. In: Kharchenko, V., Kondratenko, Y., Kacprzyk, J. (eds) Green IT Engineering: Social, Business and Industrial Applications. Studies in Systems, Decision and Control, vol 171. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00253-4_25

Допоміжна

1. Currentcy: A Unifying Abstraction for Expressing Energy Management Policies Heng Zeng, Carla S. Ellis, Alvin R. Lebeck, and Amin Vahdat [Електронний ресурс] / <http://cseweb.ucsd.edu/~vahdat/papers/usenix03.pdf> (дата звернення: 23.02.2024).
2. Energy-Efficient Software Guidelines [Електронний ресурс] / Intel inc. – <http://software.intel.com/ru-ru/articles/partner-energy-efficient-software-guidelines> (дата звернення: 03.02.2022).
3. Michael Larabel. Intel EIST SpeedStep [Електронний ресурс] / <http://www.phoronix.com/scan.php?page=article&item=397&num=1>
4. Snowdon, D. Power Management and Dynamic Voltage Scaling: Myths and Facts. [Text] / D. Snow-don, S. Ruocco, G. Heiser // Proceedings of the National ICT Australia and School of Computer Science and Engineering University of NSW. Australia, 2005. P. 15-19 .
5. Anirudh Badam, Ranveer Chandra, Jon Dutra, Anthony Ferrese, Steve Hodges, Pan Hu, Julia Meinershagen, Thomas Moscibroda, Bodhi Priyantha, and Evangelia Skiani. 2015. Software defined batteries. In Proceedings of the 25th Symposium on Operating Systems Principles (SOSP '15). ACM, New York, NY, USA, 215-229. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2815400.2815429>
6. Bansal, N. Speed scaling to manage energy and temperature [Text] / N. Bansal, T. Kimbrel, Kirk P. // Journal of the ACM, Vol. 54, No. 1, Article 3, Publication date: March 2007, 54(1):1, 2007, P. 1-39.
7. Bansal N. Speed scaling with an arbitrary power function [Text] / N. Bansal, H. Chan, K. Pruhs // Proceeding SODA '09 Proceedings of the twentieth Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms P. 693-701.
8. Andrew L.H. Optimal speed scaling under arbitrary power functions [Text] / Lachlan L.H. An-drew, Adam Wierman, Ao Tang // ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review archive. Volume 37, Issue 2, September 2009, P. 39-41.
9. R. Różycki, J. Węglarz / On job models in power management problems // Bulletin of the polish academy of sciences technical sciences Vol. 57, No. 2, 2009, P. 147-151.

12. Інформаційні ресурси

1. Green Software Foundation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://greensoftware.foundation>, вільний.
2. Microsoft. Principles of Sustainable Software Engineering [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/architecture/sustainability/principles>, вільний.
3. The Shift Project. Lean ICT: Towards Digital Sobriety [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://theshiftproject.org/en/article/lean-ict-our-new-report/>, вільний.
4. PowerAPI [Електронний ресурс]: програмне забезпечення для моніторингу енергоспоживання. – Режим доступу: <https://powerapi.org>, вільний.

5. GreenFrame [Електронний ресурс]: платформа для аналізу енергоспоживання веб-сайтів і додатків. – Режим доступу: <https://greenframe.io>, вільний.
6. Cloud Carbon Footprint [Електронний ресурс]: відкрите ПЗ для відстеження викидів CO₂ у хмарних сервісах. – Режим доступу: <https://www.cloudcarbonfootprint.org>, вільний.
7. Green Software Engineering. <https://green-software-engineering.de/en/kriterienkatalog-v01/introduction.html>
8. Green Software and Green Software Engineering - Definitions, Measurem.... <https://www.slideshare.net/green-soft/presentation-kern-naumann-zurich-february-2013-web>
9. Green Software Lab, <https://greenlab.di.uminho.pt/>