

کار کلاسی

هوش سبز؛ نسل چهارم دانش مدیریت و مهندسی سبز در صنعت پالایش

مدیریت محیط زیست، ناترازی انرژی و سرمایه اجتماعی

سیستم جامع مدیریت رد پای کربن برای واحدهای اداری-ستادی صنعت نفت

۱- شناسایی منابع انتشار (سرفصل‌های اصلی سیستم)

در این مدل، منابع انتشار به سه گروه انسان‌محور، سیستم‌محور و فناوریانه تقسیم شده‌اند (منطبق با هوش سبز).

(A) منابع انسان‌محور (Human-Centered Scope 3)

۷. رفت‌وآمد کارکنان (Commuting)
۸. سفرهای اداری (پرواز داخلی-بین‌شهری)
۹. آموزش و توانمندسازی منابع انسانی
۱۰. اقامت هتل / مأموریت‌های اداری
۱۱. مصرف اقلام فردی (شیر پاکتی، لیوان یکبار مصرف، آب معدنی و ...)
۱۲. مصرف کاغذ و بسته‌بندی (Paper Footprint)

(B) منابع سیستم‌محور (System-Centered Scope 1/2/3)

۷. برق شبکه
۸. برق نیروگاه داخلی صنعت
۹. برق پاک / (PV) تجدیدپذیرها
۱۰. گاز طبیعی برای گرمایش/تأسیسات
۱۱. بنزین درون‌شهری برای جلسات
۱۲. بنزین برون‌شهری / سفرهای جاده‌ای

(C) منابع فناوریانه (Tech-Centered Scope 3)

۱۳. مصرف مواد غذایی/لجستیک سازمانی (برنج، بسته‌بندی، شیر، اقلام مصرفی)

(IT equipment, Data Center energy, Electronic Procurement + قابلیت افزودن +)



2) ماتریس کامل محاسبه ردپای کربن

این ماتریس بهینه شده است تا در ممیزی داخلی، گزارش دهی و آموزش قابل استفاده باشد:

ردیف	منبع انتشار	Scope	واحد مصرف	میزان مصرف	ضریب انتشار EF (kg CO ₂ e/Unit)	CF (kg CO ₂ e)	نوع داده (Human/System/Tech)	سناریوی بهبود	CF پس از بهبود
1	برق شبکه		kWh	1000	0.183 per kWh		System	تعویض لامپ + BMS	...
2	برق نیروگاه داخلی		kWh	200	0.235		System	بهینه سازی بار	...
3	برق PV		kWh	150	0.020		Tech	افزایش ظرفیت	...
4	گاز طبیعی		m ³	380	1.95		System	Insulation	...
5	بنزین درون شهری		لیتر	400	0.18		Human	جلسات آنلاین	...
6	بنزین برون شهری		لیتر	820	0.18		Human	اتوبوس مشترک	...
7	پرواز اداری		نفر/پرواز	33	0.15 per 500 km		Human	Flight reduction	...
8	کاغذ A4		kg	15	0.95		System	دیجیتال سازی	...
9	شیر پکت		بسته	400	14.02		Tech	حذف اقلام گلاسه	...
10	لیوان یکبار مصرف		عدد	55	17.14		Tech	لیوان دائمی	...
11	آب شرب		لیتر	310	2.91		System	تصفیه داخلی	...
12	برنج مصرفی سازمان		kg	10	0.82		Human	Menu Optimization	...
13	آموزش کارکنان		نفر روز	4	0.04		Human	Online Training	...

3) فرم محاسبه نهایی

$$CF = Consumption \times EF$$

و در انتها: $CF_{Total} = \sum CF_i$
و شاخص های شدت:

kg CO₂e per employee, kg CO₂e per 1 ton product

4) سیستم جامع مدیریتی (Chain of 7 Elements)

این بخش بسیار مهم است و از شما خواسته شده: «سیستمی جامع که تعیین نسبت مصرف منابع با آلودگی زیست محیطی را ممکن می کند»
که دقیقاً همان مدل نسل چهارم است:

(A) مشخصه‌های زیست‌جهان ما چیست؟. (در فایل آموزشی توضیح داده شده بود)

- محدودیت منابع - ناترازی انرژی - ناترازی آب - بحران پسماند - تغییرات اقلیم (CO₂e) - ارتباط اقتصاد و محیط زیست

→ *Environment = Economy*

5) زیرسیستم‌های مدیریت جامع ردپای کربن

همان‌طور که سازمان درخواست کرده:

۱. تعیین مرز سیستم (Boundary): سازمانی-مکانی-زمانی-محصولی

۲. ارزیابی چرخه عمر (LCA): From Cradle to Grave - From Gate to Gate - From Cradle to Gate

۳. خط مبنا (Baseline Carbon): مصرف واقعی یک دوره - EF معتبر - تشکیل نمودار baseline trend

۴. محاسبه انتشار CF Calculation - Scope 1 - Scope 2 - Scope 3 - LC Hotspots

۵. پروژه‌های بهبود (Improvement Projects)

- کاهش مصرف - کاهش (EF جایگزینی منابع)

- کاهش نیاز *Human + System + Tech* →

۶. محاسبه مجدد (Re-Assessment)

$$\text{Carbon Saving} = \text{CF}_{\text{baseline}} - \text{CF}_{\text{improved}}$$

۷. رویکرد **Zero Carbon**: Offsetting - تغییر fuel mix - تولید انرژی تجدیدپذیر - تغییر فرهنگ سازمانی



عنوان کارکلاسی:

محاسبه ردپای کربن یک ساختمان ستادی نفت (فرایندهای اداری) با رویکرد هوش سبز

۱. شرح سناریو

فرض کنید شما تیم «هوش سبز» در ساختمان ستاد منطقه‌ای شرکت نفت ... هستید. این ساختمان ۵ طبقه اداری دارد، حدود ۵۰۰ نفر کارمند در آن کار می‌کنند و کار اصلی آن برنامه‌ریزی، مالی، منابع انسانی، قراردادها و HSE است (هیچ فرایند عملیاتی/تولیدی مستقیم ندارد). می‌خواهیم ردپای کربن سالانه این ساختمان را محاسبه کنیم و سپس با نگاه نسل چهارم (انسان، سیستم، فناوری، اقتصاد) برای کاهش آن راه حل بدهیم.

۲. مرز سیستم (System Boundary)

در این تمرین، مرز سیستم به صورت زیر تعریف می‌شود:

• دامنه انتشار:

○ Scope 1: مصرف گاز طبیعی برای گرمایش

○ Scope 2: برق مصرفی ساختمان

○ Scope 3:

▪ رفت و آمد روزانه کارکنان (commuting)

▪ سفرهای اداری (پرواز داخلی)

• دوره زمانی: یک سال کامل

۳. داده‌های خام برای محاسبه

۳.۱ مصرف انرژی ساختمان

۱. برق مصرفی سالانه ساختمان

○ مقدار روی قبض: ۴۸۰,۰۰۰ kWh/year

۲. مصرف گاز طبیعی برای موتورخانه

○ کنتور گاز: ۱۲۰,۰۰۰ m³/year

۳.۲ رفت و آمد کارکنان (Commuting)

• تعداد کل کارکنان: ۵۰۰ نفر

تقسیم‌بندی الگوی رفت و آمد:



نوع تردد	تعداد نفر	مسافت متوسط رفت و برگشت روزانه	تعداد روز کاری در سال
خودروی شخصی بنزینی	۳۰۰ نفر	۳۰ km/day	۲۲۰ روز
تاکسی/اسنپ	۱۰۰ نفر	۲۰ km/day	۲۲۰ روز
سرویس اتوبوس شرکت	۸۰ نفر	۴۰ km/day	۲۲۰ روز
پیاده/دوچرخه	۲۰ نفر	~	~

۳.۳ سفرهای اداری (پرواز داخلی)

- تعداد سفرهای هوایی داخلی در سال ۵۰: سفر رفت و برگشت
- مسافت متوسط هر سفر ۱,۲۰۰ km (رفت و برگشت)
- متوسط تعداد مسافر از این ساختمان در هر سفر ۱ نفر

۴. ضرایب انتشار (Emission Factors) برای کلاس

توجه: این ضرایب برای تمرین آموزشی هستند، نه گزارش رسمی.

- برق شبکه: ۵۵ kg CO₂e / kWh
- گاز طبیعی: ۲۰ kg CO₂e / m³
- خودروی شخصی بنزینی: ۱۹ kg CO₂e / km
- تاکسی/اسنپ (سواری بنزینی/دوگانه): ۱۸ kg CO₂e / km
- سرویس اتوبوس (سرشکن به ازای هر نفر): ۰/۰۸ kg CO₂e / km
- پرواز داخلی: ۱۵ kg CO₂e / passenger-km

۵. وظیفه گروه‌ها در کلاس (گام به گام)

گام ۱ – محاسبه انتشار برق (Scope 2)

فرمول پیشنهادی:

$$CO_{2\text{electricity}} = kWh \times EF_{\text{electricity}}$$

گام ۲ – محاسبه انتشار گاز طبیعی (Scope 1)

$$[CO_{2\text{gas}} = m^3 \text{ gas} \times EF_{\text{gas}}$$



گام ۳ – محاسبه انتشار رفت و آمد کارکنان (Scope 3 – commuting)

برای هر دسته، ابتدا مسافت سالانه را به دست آورید:

$$\text{Annual km} = \text{Distance per day} \times \text{Working days}$$

سپس:

$$\text{CO}_2 = \text{Annual km (per person)} \times \text{EF} \times \text{Number of people}$$

این کار را برای هر سه گروه (خودروی شخصی، تاکسی، سرویس) انجام دهید.

گام ۴ – محاسبه انتشار پروازهای اداری (Scope 3 – business travel)

ابتدا مسافت-مسافر سالانه:

$$\text{Passenger-km} = \text{Number of trips} \times \text{Distance per trip}$$

$$\text{CO}_{2\text{flight}} = \text{Passenger-km} \times \text{EF}_{\text{flight}}$$

گام ۵ – جمع بندی و شاخص شدت کربن

۱. مجموع انتشار هر بخش را در جدول بیاورید:

منبع انتشار	CO ₂ e (kg/year)	Scope
برق ساختمان	...	۲
گاز موتورخانه	...	۱
رفت و آمد – خودروی شخصی	...	۳
رفت و آمد – تاکسی/اسنپ	...	۳
رفت و آمد – سرویس	...	۳
پروازهای اداری	...	۳

۲. جمع کل انتشار سالانه ساختمان (kg CO₂e/year)

۳. انتشار سرانه:

$$\text{kg CO}_2\text{e per employee} = \frac{\text{Total CO}_2\text{e}}{500}$$

۶. بخش نسل چهارم (هوش سبز) – بخش تحلیلی بعد از محاسبه

هر گروه بعد از محاسبات عددی، از چهار زاویه نسل چهارم به نتایج نگاه کنند:

۱. بُعد انسان محور (Human):

○ چه تغییرات رفتاری در کارکنان می تواند commuting را کاهش دهد؟

○ مشوق ها و آموزش ها چه باید باشد؟



۲. بُعد سیستم محور: (System)

- چه سیاست‌ها و فرآیندهایی در سطح سازمان باید عوض شود؟
- مثلاً سیاست دورکاری، جلسات آنلاین، شیفت‌بندی، سرویس مشترک.

۳. بُعد فناوری: (Tech)

- چه فناوری‌هایی می‌توانند برق و گاز را کاهش دهند؟
- BMS، سنسور حضور، پنل خورشیدی روی بام، شیشه دوا/سه جداره و...

۴. بُعد اقتصاد سبز: (Eco)

- اگر هر $\text{kg CO}_2\text{e}$ یک «هزینه پنهان» داشته باشد، این ساختمان سالانه چه ریسکی ایجاد می‌کند؟
- با کاهش ۲۰٪ انتشار، چه صرفه‌جویی اقتصادی و اعتباری به‌دست می‌آید؟



Case Study ۲

شماره ۱: محاسبه ردپای کربن یک واحد فرآوری (نمونه صنعت نفت)

موضوع: محاسبه CO₂e یک فرایند «مشعل سوزی گاز همراه» (Flare Gas) در یک واحد عملیاتی

۱. تعریف مرز سیستم (System Boundary)

در این تمرین مرز سیستم به صورت زیر تعریف شده است:

- فرایند تحت بررسی: سوزاندن گاز همراه در مشعل (Flare)

- دامنه انتشار: فقط Scope 1

- مکان: واحد عملیاتی - A پالایشگاه نفت ...

- دوره زمانی: یک ماه (۳۰ روز)

۲. داده‌های خام برای محاسبه

۲.۱ حجم گاز همراه ارسال شده به مشعل:

• میانگین روزانه: ۴۵,۰۰۰ Nm³/day

• مجموع ماهانه:

$$45,000 \times 30 = 1,350,000 \text{ Nm}^3$$

۲.۲ ترکیب گاز (نتیجه آنالیز آزمایشگاه):

مؤلفه	درصد حجمی
متان (CH ₄)	78%
اتان (C ₂ H ₆)	9%
پروپان (C ₃ H ₈)	6%
CO ₂	2%
گازهای دیگر	5%

۲.۳ ضریب انتشار - (Emission Factor) استاندارد IPCC

○ ضریب انتشار سوختن متان: ۲.۷۵ kg CO₂/m³

○ ضریب انتشار اتان: ۲.۹۴ kg CO₂/m³

○ ضریب انتشار پروپان: ۳.۰۲ kg CO₂/m³

۳. محاسبه انتشار CO₂ برای مشعل



۳.۱ تفکیک ترکیب گاز

مؤلفه	حجم ماهانه (m ³)
CH ₄	1,053,000
C ₂ H ₆	121,500
C ₃ H ₈	81,000

۳.۲ محاسبه انتشار

- CO₂ از متان:

$$1,053,000 \times 2.75 = 2,895,750 \text{ kg CO}_2$$

CO₂ از اتان:

$$121,500 \times 2.94 = 357,210 \text{ kg CO}_2$$

- CO₂ از پروپان:

$$81,000 \times 3.02 = 244,620 \text{ kg CO}_2$$

جمع کل انتشار ماهانه مشعل:

$$3,497,580 \text{ kg CO}_2\text{e/month}$$

نتیجه نهایی قابل ارائه در کلاس: ۳'۴۹۷ تن CO₂e در ماه

۴. سؤال تحلیلی برای گروه‌ها (در کلاس):

- ۱) سه اقدام انسان‌محور برای کاهش انتشار این فرایند؟
- ۲) سه اقدام سیستم‌محور؟
- ۳) یک اقدام فناورانه که بیشترین کاهش CO₂e را ایجاد کند؟
- ۴) اگر ۲۰٪ Flare کاهش یابد، صرفه‌جویی CO₂e چقدر است؟



Case Study 3

شماره ۲: محاسبه آب‌بری (Water Footprint) یک برج خنک‌کن (Cooling Tower)

موضوع: تحلیل مصرف آب و نشتی برج خنک‌کن یک واحد تقطیر

۱. مرز سیستم

- واحد: برج خنک‌کن ۶-cell
- دامنه: مصرف واقعی آب (Scope 3 (Upstream Water Use) →
- دوره زمانی: یک ماه

۲. داده‌های خام برای محاسبه

۲.۱ مصرف آب جبرانی (Make-up Water)

- متوسط ماهانه: $22,500 \text{ m}^3/\text{month}$

۲.۲ اتلافات (Losses)

نوع اتلاف	مقدار
تبخیر (Evaporation)	$14,000 \text{ m}^3/\text{month}$
Blowdown	$5,000 \text{ m}^3/\text{month}$
نشتی‌ها	$3,500 \text{ m}^3/\text{month}$

۲.۳ ضرایب هزینه و زیست‌محیطی برای کلاس

- قیمت آب صنعتی: $8,000 \text{ تومان}/\text{m}^3$
- هزینه پنهان توقف تولید ناشی از مشکل Cooling: $120 \text{ میلیون تومان}/\text{ساعت}$
- ردپای آب $1.1 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ consumption}$ (Water Footprint):

۳. محاسبه مصرف آب ماهانه

$$WF = 22,500 \times 1.1 = 24,750 \text{ m}^3$$



۴. محاسبه هزینه اتلاف آب

$$22,500 \text{ m}^3 \times 8,000 = 180,000,000 \text{ تومان}$$

۵. تحلیل نشتی‌ها (Leakage Analysis)

• نشتی ماهانه: $3,500 \text{ m}^3$

• ارزش ریالی نشتی:

$$3,500 \times 8,000 = 28,000,000 \text{ تومان}$$

سؤال تحلیلی برای گروه‌ها (در کلاس)

۱- سه اقدام فوری کاهش آب‌بری برج چیست؟

۲- اگر نشتی ۵۰٪ کاهش یابد، صرفه‌جویی سالانه چقدر می‌شود؟

۳- اگر برج خاموش شود و واحد ۳۰ دقیقه توقف داشته باشد، هزینه معادل چند ماه هدررفت آب است؟

