

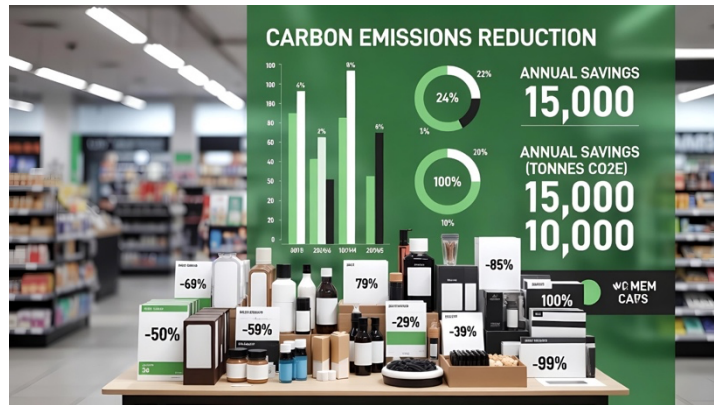


## Save money, save the earth

### Background

Among the real-world sustainability efforts emerges a trend in retail such as apps and stores selling surplus, near-expiry, or slow-moving food and daily necessities at deep discounts to prevent them from becoming waste.

Globally, food loss and waste contribute significantly to greenhouse gas (GHG) emissions, accounting for approximately 8-10% of anthropogenic emissions. Preventing waste by enabling consumption (instead of disposal) avoids upstream emissions from production (agriculture, processing, transport, etc.) and downstream emissions from waste management (e.g., methane from landfills). For non-food items, waste reduction avoids emissions from manufacturing and disposal.



*(Image created with AI)*

This retail model reduces food and product waste, extends resource use, and lowers GHG emissions across the supply chain, specializing in purchasing or collecting near-expiry or slow-selling food items (e.g., packaged snacks, drinks, dairy products, baked goods) and day-to-day commodities (e.g., cosmetics & toiletries and household goods) from supermarkets, manufacturers, or suppliers, then reselling them at significant discounts (often 50-80% off) to consumers. This business model diverts goods from disposal (landfill, incineration, or spoilage), reducing waste while providing affordable access to products.

Your team is invited by a university startup company to develop a rigorous mathematical model and standardized calculation framework to quantify the carbon reduction contribution (in tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent, i.e., CO<sub>2</sub>e) from such operations of discount retail for near-expiry and surplus goods. The method should be transparent, reproducible, and suitable for inclusion in carbon accounting, ESG reports, sustainability reports, or impact assessments—aligned with accepted standards like the Food Loss and Waste (FLW) Protocol, GHG Protocol, or life cycle assessment (LCA) principles.

The model should account for:

- **Avoided emissions** from not wasting the goods (full supply chain emissions avoided by consumption rather than replacement production).
- **Any additional emissions** introduced by the discount retail process (e.g., transport to the startup's warehouse, storage, consumer pickup).
- **Net carbon reduction** = avoided emissions - additional emissions.

## Data Case

Consider the following hypothetical but realistic annual data from a university startup operating in a city like Hong Kong (adjustable for other regions):

- Total goods sold: 50,000 kg of food items (average composition: 40% snacks/drinks, 30% dairy/baked goods, 30% baked goods) and 10,000 kg of non-food day-to-day items (e.g., cosmetics & toiletries, and cleaning products).
- Without the startup, 90% of these goods would have been discarded as waste (based on typical retail surplus rates), and the remaining 10% consumed normally.
- Average retail price discount: 70% off original price.
- Transport: Startup collects goods from suppliers (average 50 km round trip per collection, 20 collections/year, using a small van with 0.2 kg CO<sub>2</sub>e per km). 10% goods are transported from Europe, and 30%, Southeast Asia including Singapore, Thailand, and Malaysia.
- Consumer pickup: Assume average consumer travels 1 km round trip per purchase (via public transport or walking, minimal emissions).
- Storage: Refrigerated warehouse for 1 month average, with energy use equivalent to 0.05 kg CO<sub>2</sub>e per kg food stored.

Teams may research or use standard emission factors from reliable sources (e.g., IPCC, EPA, WRAP, Blonk/Mérieux Nutrisciences databases, or national inventories). For reference, commonly accepted approximate values include:

- Average avoided emissions for food waste prevention: ~2.5–3.0 kg CO<sub>2</sub>e per kg food saved (full LCA, including upstream production and avoided disposal; e.g., 2.7 kg CO<sub>2</sub>e/kg from recent Blonk studies for surplus food rescue).
- For non-food items: ~1.0–5.0 kg CO<sub>2</sub>e per kg avoided (depending on product; e.g., higher for plastic-heavy items).
- Landfill disposal emissions: ~0.5–1.5 kg CO<sub>2</sub>e per kg food (mainly methane).

## Tasks

1. Develop a mathematical model to calculate the net annual CO<sub>2</sub>e reduction from the startup's operations. Specify the definition of variables, the construction of equations and justify the choice of emission factors and assumptions.

2. Apply your model to the provided data case to compute the net CO<sub>2</sub>e reduction. Provide sensitivity analysis for key parameters (e.g., vary avoided factor  $\pm 20\%$ , change waste diversion rate from 90% to 70-95%, vary transport distances).
3. Generalize the model into a user-friendly framework (e.g., spreadsheet-compatible formula set or algorithm) that other startups or retailers can use with their own data. Discuss how to improve accuracy (e.g., product-specific factors, regional grid emissions for energy).
4. Based on your model, propose a system of loyalty points for rewarding consumers who contribute to reduction of waste and GHG emission.

Your model should be rigorous, clearly explained, and defensible for real-world application in carbon credits, ESG reporting, or grant applications. Partial solutions are acceptable; focus on sound methodology.

### **Submission**

Your team's solution paper should include a 1-page Summary Sheet. The body cannot exceed 20 pages for a maximum of 21 pages with the Summary Sheet inclusive. The appendices and references should appear at the end of the paper and do not count towards the 21 pages limit.

### **Special Note**

The principles of Honor System of IMMC also applies to the use of LLMs (large language models) or generative AI tools. If a team uses any large language model or generative AI tool in completing the modeling tasks, from problem research, model development, programing to paper/report writing, the team must make honest, open and transparent disclosure, including making in-text citations and detailing relevant content in the "References" section. It should be recognized that although large language models or generative AI have the advantages of productivity tools, they also have obvious shortcomings and pose risks to users (such as AI-generated content containing AI hallucinations or possible plagiarism in the produced content). Whether or not using large language models or generative AI tools itself in the team's work has no impact on judges' evaluation; the judges seriously remind every team that if any AI tool would be used, use it responsibly, correctly, honestly, open and transparently.



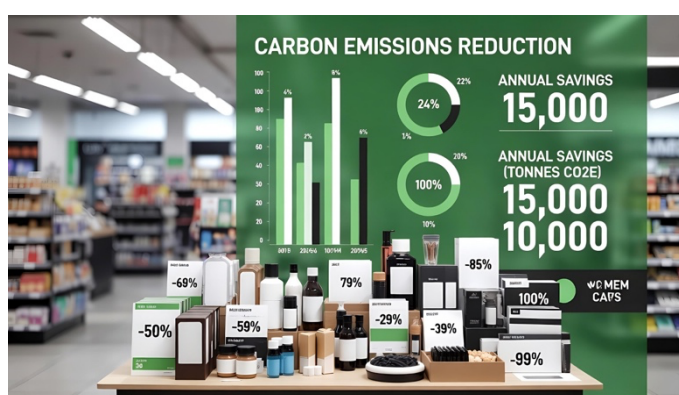
IMMC 2026 中华赛 E 题（冬季赛）（简体 繁體 English）

## 省钱，救地球

### 背景

在现实世界的各类可持续发展努力中，零售领域出现了一种趋势：通过应用程序和实体门店，以大幅折扣销售过剩、临期或滞销的食品和日用品，以防止其被当作废弃物。

在全球范围内，食物损失和浪费对温室气体排放有显著贡献，约占人为温室气体排放总量的 8 - 10%。通过促使这些食物被消费而非丢弃，可以避免其在生产阶段（如农业生产、加工、运输等）产生的上游排放，以及在废弃物处理阶段（如填埋场产生甲烷等）产生的下游排放。对于非食品类产品，减少浪费则可以避免其在制造和处置过程中的排放。



(图片由 AI 辅助生成)

这种零售模式可以减少食品和产品浪费，延长资源使用寿命，并在整个供应链中降低温室气体排放。其运作专注于从超市、生产商或供应商处采购或收集临期或滞销的食品（如包装零食、饮料、乳制品、烘焙食品）以及日常用品（如化妆品与盥洗用品、家居用品），然后以大幅折扣（通常是原价的 2 - 5 折）转售给消费者。该商业模式通过将原本将被填埋、焚烧或腐坏的产品从处置路径中转移出来，在减少废弃物的同时，为消费者提供价格可负担的可及商品。

一家创办于大学校园的初创公司邀请你们团队，开发一个严谨的数学模型和标准化计算框架，用于量化此类临期及过剩品折扣零售运营所带来的碳减排贡献（以二氧化碳当量吨数  $\text{CO}_2\text{e}$  计）。该方法应具有透明性和可重复性，并适合纳入碳核算、ESG 报告、可持续发展报告或影响评估中，同时与食品损失与浪费（FLW）核算标准、温室气体核算体系（GHG Protocol）、以及生命周期评价（LCA）等公认标准保持一致。

模型应当考虑：

- 因避免产品被浪费而产生的减排效益（即由于商品被消费而非由新生产来替代，从

而避免的整条供应链排放)。

- 折扣零售过程本身引入的任何额外排放(例如将商品运至初创企业仓库的运输、仓储、消费者取货等)。
- 净碳减排量 = 避免的排放 - 额外排放。

## 数据案例

请考虑以下一个假设而实际的年度数据情境：这家大学初创企业在类似香港的城市运营(其他地区可据此调整)：

- 年度总销售商品：食品 50,000 千克(平均组成：40% 零食/饮料，30% 乳制品/烘焙食品，30% 其他烘焙食品)，以及 10,000 千克非食品日用品(如化妆品与盥洗用品、清洁用品)。
- 若无该初创企业介入，按照典型零售过剩率估计，其中 90% 的商品会被作为废弃物丢弃，其余 10% 会在正常渠道被消费。
- 平均零售折扣力度：在原价基础上打 3 折(即优惠 70%)。
- 运输：初创企业用小型货车从供应商处收集商品，平均每次往返 50 千米，每年 20 次，车辆排放因子为每千米 0.2 千克 CO<sub>2</sub>e。另有 10% 的商品从欧洲运入，30% 来自包括新加坡、泰国、马来西亚在内的东南亚地区。
- 消费者取货：假设消费者每次购买平均往返出行 1 千米(使用公共交通或步行，排放极低)。
- 仓储：食品平均在冷藏仓库中存放 1 个月，能耗相当于每千克食品储存产生 0.05 千克 CO<sub>2</sub>e 的排放。

各团队可查阅或采用来自可靠机构的标准排放因子(例如 IPCC、美国 EPA、WRAP、Blonk/Mérieux Nutrisciences 数据库或国家/地区清单)。作为参考，常用的近似值包括：

- 食品浪费预防的平均单位减排量：约 2.5 - 3.0 千克 CO<sub>2</sub>e/千克被挽救的食物(包含完整生命周期排放，即上游生产及避免的终端处置等；例如，近期 Blonk 关于剩余食品再利用的研究给出的数值约为 2.7 千克 CO<sub>2</sub>e/千克)。
- 非食品产品：每千克避免浪费约可减少 1.0 - 5.0 千克 CO<sub>2</sub>e(视产品类型而定，例如塑料含量较高的商品对应的排放更高)。
- 垃圾填埋处理食品的排放：约 0.5 - 1.5 千克 CO<sub>2</sub>e/千克食物(主要源自填埋场中产生的甲烷)。

## 任务

1. 建立一个数学模型，用于计算该初创企业运营所带来的年度净 CO<sub>2</sub>e 减排量。请明确给出变量定义、方程构建过程，并对排放因子和关键假设的选择给出合理解释。
2. 将所建模型应用于上述数据情境，计算净 CO<sub>2</sub>e 年减排量，并对关键参数进行敏感性分析(例如：将“避免排放因子”在 ±20% 范围内变化、将废弃物转移率从 90% 调整到 70 - 95%、改变运输距离等)。

3. 在此基础上，将模型推广为一个用户友好的框架（例如一组可在电子表格中使用的公式或算法），以便其他初创企业或零售商可以结合自身数据进行使用，并讨论如何进一步提升精度（例如采用更细分的产品排放因子、考虑各地区电网排放因子等）。
4. 基于你们的模型，设计一套面向消费者的积分奖励体系，用于奖励那些通过购买折扣商品而帮助减少浪费和温室气体排放的消费者。

你们的模型应当严谨、解释清晰，并能在碳信用、ESG 披露或各类资助申请中经得起实际应用的检验。允许给出部分解决方案，但请重点确保方法论的稳健性。

## 提交

你的团队所提交的论文应包含 1 页摘要，其正文不可超过 20 页，包括摘要则最多不超过 21 页。附录和参考文献应置于正文之后，不计入 21 页之限。

## 特别说明

IMMC “诚信赛制”的原则同样适用于大语言模型或生成式 AI 工具的使用。如果团队在完成建模任务过程中有使用任何大语言模型或生成式 AI 工具，从问题研究、模型开发、程序编写到论文写作等建模工作的方方面面，团队必须诚实和公开透明地做披露，包括做出文内标注和在“参考文献”部分详细列出相关内容。应认识到大语言模型或生成式 AI 虽具有生产力工具的优势，亦具有明显的不足，并对使用者构成风险（例如 AI 生成的内容存在 AI 幻觉，也可能构成剽窃）。团队使用或不使用大语言模型或生成式 AI 工具本身，对评审没有影响；评委严肃地提醒团队，若果有任何 AI 工具的使用，都应当是负责任、正确、诚实和公开透明的使用。



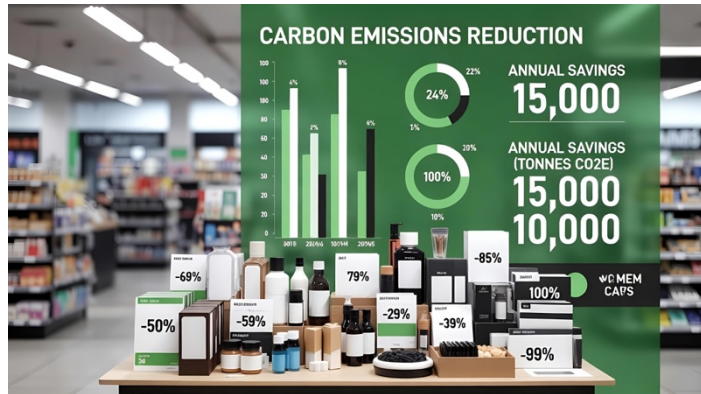
IMMC 2026 中華賽 E 題（冬季賽）（简体 繁體 English）

## 省錢，救地球

### 背景

在現實世界的各類可持續發展努力中，零售領域出現了一種趨勢：通過應用程式和實體門店，以大幅折扣銷售過剩、臨期或滯銷的食品和日用品，以防止其被當作廢棄物。

在全球範圍內，食物損失和浪費對溫室氣體排放有顯著貢獻，約佔人為溫室氣體排放總量的 8 - 10%。通過促使這些食物被消費而非丟棄，可以避免其在生產階段（如農業生產、加工、運輸等）產生的上游排放，以及在廢棄物處理階段（如填埋場產生甲烷等）產生的下游排放。對於非食品類產品，減少浪費則可以避免其在製造和處置過程中的排放。



（圖片由 AI 輔助生成）

這種零售模式可以減少食品和產品浪費，延長資源使用壽命，並在整個供應鏈中降低溫室氣體排放。其運作專注於從超市、生產商或供應商處採購或收集臨期或滯銷的食品（如包裝零食、飲料、乳製品、烘焙食品）以及日常用品（如化妝品與盥洗用品、家居用品），然後以大幅折扣（通常是原價的 2 - 5 折）轉售給消費者。該商業模式通過將原本將被填埋、焚燒或腐壞的產品從處置路徑中轉移出來，在減少廢棄物的同時，為消費者提供價格可負擔的可及商品。

一家創辦於大學校園的初創公司邀請你們團隊，開發一個嚴謹的數學模型和標準化計算框架，用於量化此類臨期及過剩品折扣零售運營所帶來的碳減排貢獻（以二氧化碳當量噸數  $\text{CO}_2\text{e}$  計）。該方法應具有透明性和可重複性，並適合納入碳核算、ESG 報告、可持續發展報告或影響評估中，同時與食品損失與浪費（FLW）核算標準、溫室氣體核算體系（GHG Protocol）、以及生命周期評價（LCA）等公認標準保持一致。

模型應當考慮：

- 因避免產品被浪費而產生的減排效益（即由於商品被消費而非由新生產來替代，從而避免的整條供應鏈排放）。
- 折扣零售過程本身引入的任何額外排放（例如將商品運至初創企業倉庫的運輸、倉儲、消費者取貨等）。



- 淨碳減排量 = 避免的排放 – 額外排放。

## 數據案例

請考慮以下一個假設而實際的年度數據情境：這家大學初創企業在類似香港的城市運營（其他地區可據此調整）：

- 年度總銷售商品：食品 50,000 千克（平均組成：40% 零食/飲料，30% 乳製品/烘焙食品，30% 其他烘焙食品），以及 10,000 千克非食品日用品（如化妝品與盥洗用品、清潔用品）。
- 若無該初創企業介入，按照典型零售過剩率估計，其中 90% 的商品會被作為廢棄物丟棄，其餘 10% 會在正常渠道被消費。
- 平均零售折扣力度：在原價基礎上打 3 折（即優惠 70%）。
- 運輸：初創企業用小型貨車從供應商處收集商品，平均每次往返 50 千米，每年 20 次，車輛排放因數為每千米 0.2 千克 CO<sub>2</sub>e。另有 10% 的商品從歐洲運入，30% 來自包括新加坡、泰國、馬來西亞在內的東南亞地區。
- 消費者取貨：假設消費者每次購買平均往返出行 1 千米（使用公共交通或步行，排放極低）。
- 倉儲：食品平均在冷藏倉庫中存放 1 個月，能耗相當於每千克食品儲存產生 0.05 千克 CO<sub>2</sub>e 的排放。

團隊可查閱或採用來自可靠機構的標準排放因數（例如 IPCC、美國 EPA、WRAP、Blonk/Mérieux Nutrisciences 資料庫或國家/地區清單）。作為參考，常用的近似值包括：

- 食品浪費預防的平均單位減排量：約 2.5 – 3.0 千克 CO<sub>2</sub>e/千克被挽救的食物（包含完整生命週期排放，即上游生產及避免的終端處置等；例如，近期 Blonk 關於剩餘食品再利用的研究給出的數值約為 2.7 千克 CO<sub>2</sub>e/千克）。
- 非食品產品：每千克避免浪費約可減少 1.0 – 5.0 千克 CO<sub>2</sub>e（視產品類型而定，例如塑膠含量較高的商品對應的排放更高）。
- 垃圾填埋處理食品的排放：約 0.5 – 1.5 千克 CO<sub>2</sub>e/千克食物（主要源自填埋場中產生的甲烷）。

## 任務

1. 建立一個數學模型，用於計算該初創企業運營所帶來的年度淨 CO<sub>2</sub>e 減排量。請明確給出變數定義、方程構建過程，並對排放因數和關鍵假設的選擇給出合理解釋。
2. 將所建模型應用於上述數據情境，計算淨 CO<sub>2</sub>e 年減排量，並對關鍵參數進行敏感性分析（例如：將“避免排放因數”在 ±20% 範圍內變化、將廢棄物轉移率從 90% 調整到 70 – 95%、改變運輸距離等）。
3. 在此基礎上，將模型推廣為一個使用者友好的框架（例如一組可在電子錶格中使用的公式或演算法），以便其他初創企業或零售商可以結合自身數據進行使用，並討論如何進一步提升精度（例如採用更細分的產品排放因數、考慮各地區電網排放因數等）。



4. 基於你的模型，設計一套面向消費者的積分獎勵體系，用於獎勵那些通過購買折扣商品而幫助減少浪費和溫室氣體排放的消費者。

你的模型應當嚴謹、解釋清晰，並能在碳信用、ESG 披露或各類資助申請中經得起實際應用的檢驗。允許給出部分解決方案，但請重點確保方法論的穩健性。

## 提交

你的團隊所提交的論文應包含 1 頁摘要，其正文不可超過 20 頁，包括摘要則最多不超過 21 頁。附錄和參考文獻應置於正文之後，不計入 21 頁之限。

## 特別說明

IMMC “誠信賽制”的原則同樣適用於大語言模型或生成式 AI 工具的使用。如果團隊在完成建模任務過程中有使用任何大語言模型或生成式 AI 工具，從問題研究、模型開發、程式編寫到論文寫作等建模工作的方方面面，團隊必須誠實和公開透明地做披露，包括做出文內標注和在“參考文獻”部分詳細列出相關內容。應認識到大語言模型或生成式 AI 雖具有生產力工具的優勢，亦具有明顯的不足，並對使用者構成風險（例如 AI 生成的內容存在 AI 幻覺，也可能構成剽竊）。團隊使用或不使用大語言模型或生成式 AI 工具本身，對評審沒有影響；評委嚴肅地提醒團隊，若果有任何 AI 工具的使用，都應當是負責任、正確、誠實和公開透明的使用。