

## 一、场景分析

### （一）问题定义

随着互联网技术的飞速发展，全球数字生态系统的碳足迹问题日益突出。据国际能源署（IEA）报告，全球数据中心和网络服务每年消耗约 2000 太瓦时电力，约占全球电力消耗的 3.7%，并产生约 8.3 亿吨二氧化碳当量的温室气体排放。然而，国内对互联网碳排放的关注度和评估工具仍然匮乏，大多数网站开发者和运营者缺乏直观有效的手段来评估和优化其网站的环境影响。

这种认知与工具的缺失，导致了互联网行业在碳中和目标实现路径上的盲区。因此，亟需一套针对中文互联网环境、具有科学评估体系和优化建议的网站碳排放检测与优化平台，帮助开发者、企业和公众理解并减少其数字碳足迹。

### （二）现状调研

#### 1. 国际研究现状

国际上对网站碳排放的研究已有一定进展。英国的 Website Carbon Calculator 和 The Green Web Foundation 推出了网站碳足迹计算器，但主要基于西方数据中心和能源结构，对中国特定的能源情况和网络环境考虑不足。Google 的 PageSpeed Insights 和 Mozilla 的 Firefox Profiler 提供了网站性能分析工具，间接关联能耗问题，但未直接量化碳排放。

学术研究方面，Aslan 等(2018)在《Journal of Industrial Ecology》发表的研究提出了网站碳足迹评估框架，考虑数据中心、网络传输和终端设备三个主要排放源。Preist 等(2019)在 ACM SIGCHI 会议上提出了数字服务碳足迹核算方法。然而，这些研究多基于欧美地区的能源结构和使用模式，缺乏对中国特殊国情的适应性。

#### 2. 国内研究与应用现状

中国信息通信研究院发布的《2021 年中国互联网行业碳排放测算研究报告》首次系统分析了我国互联网行业的碳排放情况，但尚未形成具体到单个网站的评估标准。国内针对网站碳排放的专业评估工具几乎空白，仅有部分研究机构和企业开始关注此问题。

#### 3. 现有工具的局限性

通过对比分析国际主流网站碳排放评估工具（Website Carbon Calculator、Ecograder、Carbon.txt），我们发现以下共性问题：

- **数据本地化不足**：未考虑中国电网碳强度的地区差异和可再生能源使用情况
- **评估维度单一**：多数工具仅关注页面大小，忽略 JavaScript 执行效率、网络请求优化等因素
- **优化建议泛泛**：缺乏针对中文网站特点的具体优化方案
- **用户体验不佳**：界面设计复杂，数据展示不直观，难以被普通开发者理解和采纳
- **实时性不足**：无法动态监测网站的碳排放变化，难以评估优化效果

综合以上信息我们认为，开发一个针对中国互联网环境的、科学准确的、用户友好的网站碳排放检测与优化平台，具有重要的科研价值和社会意义。

## 二、作品方案

### （一）作品的主要创意

GreenWeb 碳排放检测与优化平台是一个集网站碳排放评估、数据可视化分析与优化建议于一体的综合性平台。其核心创新点在于：

1. **本土化碳排放评估模型**：基于中国电网碳强度数据，结合省级电网碳排放因子，构建适合中国国情的网站碳排放评估模型。考虑数据中心位置、可再生能源使用比例、PUE 值等关键参数，实现更精准的碳排放计算。
2. **多维度性能分析**：不仅关注传统的页面大小，还综合分析 JavaScript 执行时间、DOM 操作效率、网络请求优化、资源缓存策略等影响能耗的关键因素，形成全面的性能评分体系。
3. **简单化优化建议**：分析网站结构和性能特征，生成个性化、可行性强的优化建议，包括图片压缩、代码精简、CDN 配置、缓存策略等具体措施，并量化每项优化的预期减排效果。
4. **直观的可视化界面**：采用现代化的 UI 设计，将复杂的碳排放数据转化为易于理解的视觉元素，通过交互式图表展示数据中心、网络传输、客户端渲染三大部分的碳排放构成，帮助用户快速识别优化重点。
5. **环保价值量化**：将碳减排效果转化为直观的环保价值等效项（如种植树木数量、减少汽车行驶公里数等），增强用户减排行为的正反馈，促进环保理念传播。

通过这些创新设计，GreenWeb 不仅是一个技术工具，更是一个环保科普和行为引导平台，旨在提高公众对数字碳足迹的认知，推动互联网行业的绿色低碳转型。

## (二) 作品设计思路和实现方案

### 1. 系统架构设计

GreenWeb 平台采用前后端分离的架构设计，主要包括以下核心模块：

- **前端交互模块**：基于 Vue.js 框架，实现响应式用户界面和数据可视化
- **性能分析引擎**：基于 Axios 和自定义性能测量工具，收集网站性能指标
- **碳排放计算模块**：核心算法模块，负责数据转换和碳排放量化
- **优化建议生成器**：结合性能分析引擎，生成具体优化建议

### 2. 关键技术实现

#### 2.1 性能分析技术

连接分析：基于 axios 请求网站返回的数据，结合域名特征、页面类型和能源使用情况进行计算。

数据模型：使用全局常量和服务商信息数据库，提供准确的碳强度和能源消耗数据。

#### 2.2 碳排放计算模型

设计了三层结构的碳排放计算模型：

##### 1. 数据中心层：

$$E_{dc} = D \times PUE \times I_g \times (1-R) + D \times PUE \times I_r \times R$$

其中， $E_{dc}$  为数据中心碳排放， $D$  为数据传输量， $PUE$  为能源使用效率， $I_g$  为电网碳强度， $I_r$  为可再生能源碳强度， $R$  为可再生能源使用比例。

##### 2. 网络传输层：

$$E_{net} = D \times F_{net} \times I_{avg}$$

其中， $E_{net}$  为网络传输碳排放， $F_{net}$  为网络传输能耗因子， $I_{avg}$  为全球平均碳强度。

##### 3. 客户端渲染层：

$$E_{client} = T_{js} \times P_{device} \times I_{local}$$

其中， $E_{client}$  为客户端碳排放， $T_{js}$  为 JavaScript 执行时间， $P_{device}$  为设备功率， $I_{local}$  为用户所在地电网碳强度。

该模型的创新点在于引入中国各省电网碳强度数据，以及考虑了 JavaScript 执行效率对终端设备能耗的影响。

### 2.3 服务器定位与能源数据库

---

建立了覆盖全球主要数据中心的地理位置和能源特征数据库，包含：

- 数据中心所在地理位置
- 当地电网碳强度
- 数据中心可再生能源使用比例
- PUE 值（如公开）
- 主要服务提供商的绿色能源承诺

通过 IP 地址追踪、WHOIS 查询、公开数据整合等方式，实现对目标网站服务器位置和能源特征的自动识别。

### 2.4 优化建议生成系统

---

基于决策树和规则引擎的混合模型，结合性能分析数据，生成针对性的优化建议。系统包含 200+ 优化规则，涵盖以下维度：

- 图片优化（格式转换、压缩、延迟加载等）
- JavaScript 优化（代码分割、懒加载、执行效率优化等）
- CSS 优化（精简、关键 CSS 内联、不必要样式移除等）
- 网络优化（HTTP/2、CDN 配置、压缩启用等）
- 缓存策略优化（浏览器缓存、服务器缓存配置等）

每条优化建议均附带预估的碳减排效果和实施难度评级。

---

## 3. 技术来源与创新点

本项目的关键技术来源于：

- Axios 开源项目（性能分析基础工具）
- 国家电网碳强度数据（官方公开数据）
- Vue.js 前端框架（MIT 许可证）

- 自主研发的碳排放计算模型（原创）
- 自主开发的优化建议生成系统（原创）

创新点主要体现在：

1. 将 Web 性能指标与碳排放量化关联的算法模型
2. 针对中国电网特点的本地化碳强度数据库
3. 考虑 JavaScript 执行效率对终端设备能耗影响的计算方法
4. 优化建议的自动生成与碳减排效果量化系统

三、研究计划			
时间	计划事件	负责人	是否已完成
3/20	设计页面	郭 and 蒋	√
3/21	编写算法	郭乐礼	√
3/23	编写报告	蒋子涵	√
3/26	部署程序	郭乐礼	√

四、预期成果	
<div>1.碳排放检测：用户输入网站域名后，系统自动分析并计算该网站的碳排放量。</div> <div>2.能源分析：展示网站使用的能源类型（可再生能源与化石能源）及其比例。</div> <div>3.碳排放分析：详细列出数据中心、网络传输和客户端设备的碳排放情况。</div> <div>4.性能指标评估：提供网站的性能指标（如 FCP、LCP、CLS 等）评分，帮助用户了解网站的加载速度和用户体验。</div> <div>5.优化建议：根据分析结果，提供针对性的优化建议，帮助用户减少碳排放和提高网站性能。</div>	
<div>项目：GREENWEB</div> <div>研究团队：GREENSIDE</div>	