فصلنامه اقتصاد و برنامه ریزی شهری

سایت نشریه: http://eghtesadeshahr.tehran.ir/

مقاله پژوهشی

گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک رومیزی با نگاه به اقتصاد خانوار شهر تهران

سارا محمودیان یونسی؛ یزدان الواری؛ مهدی صوفی؛ ابوالقاسم مسیبی جیرهنده؛ دکتر مجید زندی*

لابراتوار مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر، دانشکدهٔ مهندسی مکانیک و انرژی، دانشگاه شهید بهشتی تهران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۳

تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۲/۲۶

کلمات کلیدی:

امنیت پایدار غذایی

هم‌بست آب

محیط زیست

غذا و انرژی

اقتصاد خانوار شهری

گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک رومیزی

DOI: 10.22034/UE.2021.02.01.01

چکیده:

آب، محیط زیست، غذا و انرژی از منابع حیاتی برای بشر هستند؛ بنابراین ایجاد امنیت پایدار در این منابع که ارتباط درهم‌تنیده‌ای با هم دارند، از اهمیت زیادی برخوردار است. در پژوهش حاضر راه‌کاری تحت عنوان «گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک رومیزی» معرفی شده و اجزای آن شرح داده شده است. همچنین، تأثیر این سامانه بر حوزه‌های مختلف مدیریت شهری نیز توضیح داده شده است. این راه‌کار می‌تواند به‌طور هم‌زمان به افزایش امنیت پایدار آبی، محیط زیست، غذایی و انرژی در چارچوب هم‌بست چهارگانهٔ آب، محیط زیست، غذا و انرژی در زندگی شهری کمک کند. گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک رومیزی در مقیاس خانگی به کار گرفته می‌شود. برای این سامانه از دو منظر سرمایه‌گذار و خانوار شهر تهران، تحلیل اقتصادی انجام شده و هزینه‌ها و درآمدها از این دو منظر محاسبه شده است. طبق محاسبه‌های انجام‌شده، سود و زیان تجمعی این سامانه در پایان هر سال نیز از این دو منظر ارائه شده است. از منظر سرمایه‌گذار این سامانه دورهٔ بازگشت سرمایهٔ حدود ۵ سال دارد. از منظر خانوار شهر تهران، این سامانه دارای بازگشت سرمایهٔ کمتر از ۴ سال است.

مقدمه

آب، محیط زیست، غذا و انرژی چهار منبع حیاتی برای انسان هستند و کیفیت زندگی بشر را تأمین می‌کنند (کورین[1]، ۲۰۱۷). تقاضای جهانی برای این منابع به‌دلیل افزایش جمعیت، شهرنشینی و تغییر اقلیمی در سطح جهان در حال افزایش و پیش‌بینی می‌شود که در مقایسه با سال ۲۰۱۵ به بیش از ۵۰ درصد برسد (ژانگ و همکاران[2]، ۲۰۱۸). همچنین، پیش‌بینی می‌شود که تکیه کردن انسان بر منابع غذا، انرژی و آب تا سال ۲۰۳۰ به‌ترتیب به ۳۵ و ۵۰ و ۴۰ درصد افزایش پیدا کند (شورای اطلاعات ملی[3]، ۲۰۱۲). کاهش امنیت غذایی، کمبود آب آشامیدنی، آلودگی و تمام شدن منابع سوخت فسیلی، چالش‌های پیش روی جوامع انسانی است که توجه بسیاری از دولت‌ها و مؤسسه‌های پژوهشی را به خود جلب کرده است. به‌همین دلیل، فهمیدن روابط پیچیده بین منابع آب، غذا و انرژی برای توسعهٔ پایدار در آینده در همهٔ مناطق و برای همهٔ ملت‌ها، بسیار مهم است. ارتباط ذاتی و درهم‌تنیده بین سه منبع آب، غذا و انرژی تحت عنوان «هم‌بست» شناخته می‌شود. این هم‌بست درواقع بیان می‌کند که محدودیت هریک از منابع، امکان دسترسی به منابع دیگر را محدود می‌کند (گولاتی و همکاران[4]، ۲۰۱۳).

به دلیل غنی بودن مفهوم هم‌بست، نمی‌توان آن را از یک دیدگاه واحد تفسیر کرد. بنابراین، این مفهوم از سه جنبهٔ مختلف شامل روش تحلیلی، ابزار مدیریتی و نظم جدید که مکمل یکدیگر هستند، بررسی شده است (کیسکینن و همکاران[5]، ۲۰۱۶). مفهوم هم‌بست برای مدیریت یکپارچهٔ هر سه بخش، برای هماهنگی بین بخشی به‌منظور کاهش تبادل‌های غیرمنتظره و بهبود توسعهٔ پایدار، عنوان شده است. از این نظر این روش با شیوه‌های متداول تصمیم‌گیری که قبل از حل هر چالش

1 Kurian

2 Zhang, Chen, Li, Ding & Fu

3 National Intelligence Council

4 Gulati et al.

5 Keskinen et al.

نویسنده مسئول:

ایمیل: m_zandi@sbu.ac.ir

به‌صورت جداگانه در نظر گرفته می‌شدند، متفاوت است (لیو و همکاران[6]، ۲۰۱۵).

با در نظر گرفتن چالش‌های جهانی در زمینهٔ امنیت آب، غذا و انرژی، تغییرهای اقلیمی، کمبود زمین قابل کشت و با نگرشی بر هم‌بست چهارگانهٔ آب، محیط زیست، غذا و انرژی (WEFEN)[7]، راه‌کاری تحت عنوان «گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک رومیزی» ارائه شده است. در پژوهش حاضر این راه‌حل برای شهر تهران مطالعه شده است.

شهر تهران پرجمعیت‌ترین شهر و پایتخت کشور ایران است. جمعیت این شهر به ۸،۶۷۹،۹۵۰ طبق آمار سال ۱۳۹۷ رسیده است (آمارنامهٔ شهرداری تهران، ۱۳۹۷). هر خانوار ایرانی در سال مقدار زیادی سبزی و صیفی مصرف می‌کند؛ که بیشتر این محصولات کشاورزی از خارج شهر تهران و خارج استان تأمین می‌شود. از آنجا که منابع آب، انرژی، محیط زیست و غذا، ارتباط دوسویه و متقابلی با هم دارند، افزایش نیاز به غذا، منابع دیگر را دچار چالش می‌کند. یکی از راه‌کارهایی که برای رفع هم‌زمان این چالش‌ها پیشنهاد می‌شود، تولید محلی بعضی محصولات کشاورزی توسط خود مصرف‌کننده است.

گل‌خانهٔ تاریک رومیزی، سامانه‌ای است که می‌تواند برای تأمین بخشی از محصول کشاورزی مورد نیاز مصرف‌کنندهٔ شهری به کار گرفته شود. این محصول به دلیل استفاده از نور مصنوعی، می‌تواند حتی در محیط‌های بدون نور کافی، مانند آپارتمان‌ها استفاده‌شده قرار گیرد. این محصول شباهت زیادی به گل‌خانه‌های تاریک و بستهٔ درحال‌توسعه در کشورهایی مانند ژاپن و آمریکا دارد، اما تفاوت عمدهٔ آن، به‌کارگیری در ابعاد بسیار کوچک و در کاربرد خانگی است.

پیشینهٔ پژوهش

گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک رومیزی، راه‌کاری برای تأمین امنیت پایدار غذایی، در چارچوب هم‌بست چهارگانهٔ آب، محیط زیست، غذا و انرژی است. به‌همین دلیل، ابتدا پیشینهٔ موضوع هم‌بست بیان می‌شود و سپس، پیشینهٔ گل‌خانه‌های تاریک در ابعاد صنعتی و خانگی ارائه می‌شود.

پیشینهٔ هم‌بست

جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ از ۷/۵ میلیارد نفر کنونی به ۹/۷۷۲ میلیارد نفر خواهد رسید (اجوکیشنال[8]، ۲۰۱۸). افزایش جمعیت سال‌های اخیر از یک طرف و افزایش سطح کیفیت زندگی از طرف دیگر، سبب افزایش چشم‌گیر تقاضا و تولید برای تأمین سه حقوق بنیادی بشر یعنی امنیت پایدار انرژی، امنیت پایدار آبی و امنیت پایدار غذایی شده است. از طرفی، این روند صعودی بدون دیدگاه کارشناسی، کرهٔ زمین را با بحران محیط زیست روبه‌رو کرده است. این چالش پس از سال‌ها تحقیق در سال ۲۰۱۴ در گزارش جامع هیئت بین دولتی سازمان ملل متحد موسوم به گزارش ارزیابی پنجم و تحت عنوان «چالش تغییرهای آب‌وهوایی» به رسمیت شناخته شد (تورنز[9]، ۲۰۰۲). در سال‌های گذشته، برای رسیدن به اهداف توسعهٔ پایدار، به گسترش مفهوم نگرش هم‌بستی پرداخته شده و این نگرش را تنها راه مدیریت یکپارچه و پویا برای توسعهٔ پایدار معرفی کرده است. واژهٔ لاتین «NEXUS» به معنای فعل گره خوردن و به هم پیوستن، به گونه‌ای که باز کردن یک گره به‌تنهایی ممکن نیست، معنا شده است. این واژه توسط دانشگاه سازمان ملل متحد در سال ۱۹۸۳ در برنامهٔ هم‌بست غذا و انرژی فراگیر شد (ساچ و سیلک[10]، ۱۹۹۰). قبل از آن از این واژه در ادبیات پزشکی، اقتصاد و سیاست استفاده می‌شد (اسکوپوس[11]، ۲۰۱۶)؛ اما از دههٔ ۱۹۷۰ دیدگاه «بررسی چرخهٔ زندگی» تحت عنوان «چرخهٔ زندگی انبار» در میان صاحبان صنایع رونق یافت. این دیدگاه در کنفرانس جهانی انرژی سال ۱۹۶۳ مطرح شد. چرخهٔ زندگی انبار به این معناست که تولید یک واحد محصول صنعتی چه مقدار انرژی و مواد اولیه مصرف می‌کند. درنهایت، با پررنگ شدن چالش پسماندهای جامد در دههٔ ۱۹۹۰، روش «بررسی چرخهٔ زندگی» در استاندارد ۱۴۰۰۰ ایزو، به‌عنوان یک روش شاخص مقایسهٔ فرایندها گنجانده شد (کوران[12]، ۱۹۹۶). «اندیشهٔ هم‌بست» اولین‌بار توسط گردهمایی اقتصاد جهانی در سال ۲۰۱۱ برای ترویج پیوندهای جدایی‌ناپذیر میان استفاده از منابع برای تأمین حقوق بنیادی و جهانی امنیت غذا، آب و انرژی، به کار گرفته شد. این گردهمایی، بیان داشت که روی‌کرد هم‌بست می‌تواند امنیت پایدار آبی، انرژی و غذایی را بهبود بخشد و در عین حال، از انتقال به یک اقتصاد سبز حمایت کند (مجمع اقتصادی جهان[13]، ۲۰۱۱). گردهمایی اقتصاد جهانی در سال ۲۰۱۱، چارچوب هم‌بست را از منظر امنیت‌های پایدار (آب- انرژی- غذا) ارائه داد. در گزارش سال ۲۰۱۵ هیئت بین دولتی سازمان ملل متحد، اندیشهٔ هم‌بست تنها راه رسیدن به ۱۷ هدف برنامهٔ توسعهٔ پایدار اعلام شد.

در سال‌های گذشته، مطالعهٔ فراوانی بر سامانه‌های مختلف در چارچوب هم‌بست انجام شده است. مطابق تحلیل بانک مقاله‌های اسکوپوس، روند این پژوهش‌ها از سال ۲۰۱۵ به‌شدت افزایش یافته است (اسکوپوس[14]، ۲۰۱۶).

پیشینهٔ گل‌خانهٔ تاریک

امروزه، واحدهای تولید گیاه[15] برای توسعهٔ تولید محلی و محصول تازه و باکیفیت در مناطق شهری توسعه پیدا کرده‌اند. این نوع گل‌خانه‌ها، مزایای زیادی ازجمله: کاهش مصرف آب، استفاده حداکثری از زمین (کشت طبقه‌ای) امکان احداث در مناطق بدون نور، تولید محصول خارج از فصل، افزایش تولید در واحد سطح، امکان تولید بیش از یک محصول در سال، افزایش کیفیت محصول تولیدی (با کنترل شرایط محیطی و

6 Liu et al.
7 Water, Environment, Food & Energy Nexus (WEFEN)
8 Educational
9 Thornes
10 Sachs & Silk
11 Scopus
12 Curran
13 World Economic Forum
14 Scopus
15 . Plant Factory

شکل ۱. به‌کارگیری گل‌خانه‌های کوچک با نور مصنوعی در رستوران‌ها، بیمارستان‌ها و مدرسه‌ها (کوزیا، ۸۱۰۲)

جلوگیری از آفت‌ها و بیماری‌ها)، افزایش راندمان استفاده از منابع آب و انرژی، کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل به‌دلیل نزدیکی به شهرها و امکان استفاده از زمین‌های غیر قابل کشت (سارکار و ماجومدر[16]، ۲۰۱۵) (بستورن[17]، ۲۰۱۳) (بنک و تامکینز[18]، ۲۰۱۷) دارند. این نوع واحدهای تولید گیاه در بعضی از کشورها مانند ژاپن و آمریکا در مرحلهٔ تحقیق و توسعه هستند (کوزیا[19]، ۲۰۱۸).

در کنار این واحدهای صنعتی تولید گیاه، بعضی از ساکنان شهرها در کشورهایی مانند ژاپن، تایوان، چین و بعضی کشورهای آسیایی که دسترسی به این نوع واحدها را ندارند، با به‌کارگیری گل‌خانهٔ تاریک در مقیاس خانگی و بسیار کوچک، اقدام به تولید بعضی محصول‌های گیاهی در محیط زندگی و کار خود کرده‌اند. این نوع گل‌خانه‌ها به دلیل ابعاد کوچک برای کاربردهای خانگی، مدارس، بیمارستان و اداره‌ها مناسب است (کوزیا، ۲۰۱۷).

تصویری از به‌کارگیری این گل‌خانه‌ها در محیط‌های مختلف در شکل ۱ نمایش داده شده است.

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، استفاده از این گل‌خانه‌ها در فضای داخلی رستوران، بیمارستان و مدرسه در کنار مزایای فراوان، زیبایی بصری زیادی نیز ایجاد کرده است.

مواد و روش‌ها

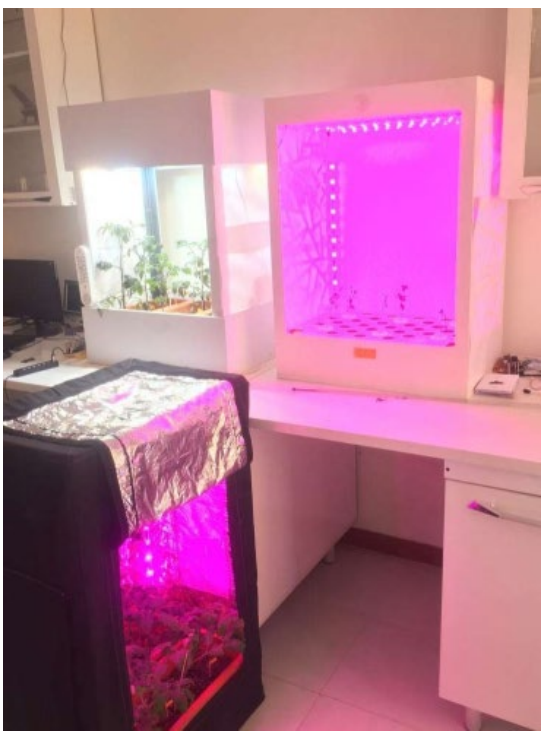
در این بخش ابتدا تعریفی از گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک رومیزی ارائه می‌شود و اجزای مختلف این سامانه تشریح می‌شود. سپس، تأثیر این سامانه بر حوزه‌های مختلف مدیریت شهری (آب، انرژی و محیط زیست) بیان می‌شود. در آخر نیز روش کار این پژوهش و محدودهٔ مطالعه‌شده ذکر می‌شود.

الف) معرفی سامانه

گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک رومیزی یک سامانهٔ نیمه‌بسته با نور مصنوعی و با شرایط محیطی کنترل‌شده برای رشد گیاه است. در شکل ۲، تصویری از سه نوع گل‌خانهٔ تاریک رومیزی در لابراتوار مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر دانشگاه شهید بهشتی نشان داده شده است.

مطابق شکل ۲، این سامانه دارای اجزای مختلف از جمله سازه، چراغ‌های ال‌ای‌دی رشد گیاه، سنسورهای اندازه‌گیری دما، رطوبت و شدت نور و واحد کنترل رشد است. هریک از این اجزا در ادامه توصیف شده است.

- **سازه:** سازهٔ به‌کاررفته می‌تواند از جنس‌های مختلفی ساخته شده



شکل ۲. تصویری از سه نمونهٔ متفاوت گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک رومیزی

16 Sarkar & Majumder
17 Besthorn
18 Benke & Tomkins
19 Kozai

باشد، سازهٔ به‌کاررفته در گل‌خانه‌های تاریک انرژیتیک رومیزی شکل ۲، از جنس ام‌دی‌اف، پی‌وی‌سی و برزنت دولایه است.

- **چراغ‌های ال‌ای‌دی رشد گیاه:** چراغ‌های ال‌ای‌دی، به دلیل بازده زیاد روشنایی لامپ‌های ال‌ای‌دی، تولید حرارت کم و تنوع طیف نوری به‌عنوان نور مکمل به‌کار گرفته می‌شود.
- **سنسورها:** سنسورهای به‌کاررفته شامل سنسورهای اندازه‌گیری دما، رطوبت و شدت نور است. این سنسورها، داده‌ها را برای واحد کنترل رشد ارسال می‌کنند.
- **واحد کنترل رشد:** برای پردازش و مدیریت شرایط محیطی استفاده می‌شود.
- **بستر کشت:** گیاه در این سامانه به روش هیدروپونیک کشت می‌شود و بستر آن ترکیبی از کوکوپیت، پرلیت و پیت ماس است. این ترکیب به دلیل سبک بودن و حفظ رطوبت ریشه به‌کار گرفته شده است. این ترکیب، مواد معدنی مورد نیاز گیاه را ندارد؛ بنابراین مواد معدنی به‌صورت محلول در آب در اختیار گیاه قرار می‌گیرد.
- **محلول غذایی:** محلول غذایی به‌کاررفته، یک نمونهٔ اصلاح‌شده محلول هوگلند بوده که توسط لابراتوار مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر دانشگاه شهید بهشتی ساخته شده است. این محلول شامل انواع نمک‌های معدنی مورد نیاز یک گیاه است. طبق فرمول‌های طراحی‌شده محلول هوگلند، این نمک‌ها با درصد معینی در آب حل می‌شوند.

ب) تأثیر سامانه بر حوزه‌های مختلف مدیریت شهری

۱) حوزهٔ آب

در سال ۱۹۹۶ دکتر جان آنتونی آلن واژهٔ «آب مجازی» را ابداع و معرفی کرد. آب مجازی به مقدار آب مصرف‌شده برای تولید یک واحد از یک محصول می‌گویند (آلن[20]، ۱۹۹۸). به‌کارگیری گل‌خانه‌های نوین و به‌خصوص گل‌خانه‌های تاریک خانگی، با توجه به مصرف آب کم برای تولید هر واحد محصول، یکی از راه‌های کاهش آب مجازی است. با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده از مصرف آب در کشاورزی سنتی، برای تولید هر کیلوگرم از انواع محصول، مقادیر زیادی آب طی دورهٔ کشت مصرف می‌شود. در حالی که آبیاری محصول در گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک رومیزی، از طریق محلول غذایی حاوی مواد معدنی که به‌صورت سالانه خریداری می‌شود، انجام می‌شود. درنتیجه، مصرف‌کننده نیازی به استفاده از آب تصفیه‌شدهٔ شهری برای این سامانه ندارد و از این طریق در مصرف آب صرفه‌جویی درخور توجهی شده است. همچنین، محصول تولیدی در این سامانه به‌دلیل کشت در شرایط محیطی کنترل‌شده و بسته، آلودگی ندارد و میزان آب شست‌وشوی محصول‌های غذایی بسیار کاهش پیدا می‌کند.

۲) حوزهٔ انرژی

در کنار مفهوم آب مجازی که در بخش قبل به آن اشاره شد، مفهوم مشابه انرژی مجازی وجود دارد. انرژی مجازی، مقدار انرژی مصرف‌شده برای تولید یک واحد از یک محصول تعریف می‌شود. در کشاورزی سنتی با توجه به برداشت محصول در مقدار زیاد، برای مراحل مختلف کشاورزی شامل آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت، انرژی زیادی از طریق تجهیزات و ماشین‌آلات مصرف می‌شود. حتی بعد از مرحلهٔ برداشت محصول، برای حمل‌ونقل و نگه‌داری محصول‌ها در سردخانه‌ها، انرژی زیادی صرف می‌شود. در حوزهٔ انرژی، علاوه بر میزان مصرف انرژی، هزینهٔ انرژی نیز یکی از چالش‌ها است، به‌طوری که گاهی به‌دلیل این هزینه، کشت برخی از انواع محصول‌ها، صرفهٔ اقتصادی ندارد.

در گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک رومیزی، کل انرژی مورد نیاز سالانه، ۱۴۶ کیلووات ساعت است که مربوط به بخش روشنایی چراغ‌ها و سیستم کنترلی است، درنتیجه این سامانه، سبب صرفه‌جویی زیادی در مصرف انرژی می‌شود.

۳) حوزهٔ محیط زیست

با توجه به مفهوم هم‌بست که در بخش مقدمه به آن پرداخته شد، ۴ پارامتر، آب، محیط زیست، غذا و انرژی ارتباط متقابل و دوسویه دارند، بنابراین کاهش مصرف آب و انرژی بر محیط زیست نیز تأثیرگذار است. نیاز کمتر به کشاورزی سنتی، سبب کاهش استفاده از منابع آبی و انرژی می‌شود. یک نمونه از تأثیر مصرف انرژی بر محیط زیست، آلودگی هوا است. به‌کارگیری گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک رومیزی سبب نیاز کمتر به حمل‌ونقل موادغذایی از بیرون به داخل شهر می‌شود و درنتیجه، باعث مصرف سوخت کمتر و ایجاد آلودگی کمتر در هوا می‌شود.

محصولات تولیدی گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک رومیزی به دلیل شرایط محیطی کنترل‌شده، کیفیت خوبی دارند و درنتیجه، دورریز بسیار کمی دارند؛ بنابراین سبب کاهش تولید پسماند تر نیز می‌شود و بر حوزهٔ مدیریت پسماند شهری تأثیرگذار است.

ج) روش کار پژوهش

در پژوهش حاضر یک تحلیل اقتصادی از منظر سرمایه‌گزاری برای تولید این محصول و از منظر مصرف‌کننده که خانوار شهر تهران انجام شده است. در تحلیل اقتصادی از منظر سرمایه‌گذار، ابتدا هزینهٔ سرمایه‌گزاری، سرمایه در گردش و هزینهٔ تولید در سال محاسبه شده است. سپس، درآمد کسب‌شده از فروش این سامانه و محلول غذایی محاسبه شده است. تحلیل سود یا زیان کسب‌شده از تولید این محصول در تعداد ۴ هزار عدد، به کمک هزینه‌ها و درآمد در هر سال برآورد شده و دورهٔ بازگشت سرمایه و سود تجمعی محاسبه شده است.

در بخش دوم، یک تحلیل اقتصادی از منظر خانوار شهر تهران انجام شده است. در تحلیل اقتصادی بخش دوم، هزینهٔ سرمایه‌گذاری ثابت (هزینهٔ یک گل‌خانهٔ رومیزی آپارتمانی)، هزینهٔ ثابت سالانه (شامل هزینهٔ محلول غذایی و هزینهٔ برق مصرفی سامانه) و صرفه‌جویی سالانه (مجموع قیمت گوجهٔ چری تولیدشده در یک سال) محاسبه شده است.

20 Allan

سپس، با محاسبهٔ اختلاف هزینه‌ها و صرفه‌جویی سالانه، سود زیان کسب‌شده از این محصول برای خانواده و دورهٔ بازگشت سرمایه به دست آمده است.

د) معرفی محدودهٔ مطالعه‌شده

این سامانه برای به‌کارگیری توسط خانوار شهری در تهران بررسی شده است. مشخصه‌های شهر تهران شامل جمعیت، تعداد خانوار شهر تهران، متوسط روزانهٔ محصول عرضه‌شده و مصرف سالانهٔ میوه و سبزی مورد نیاز خانوار شهر تهران در سال ۱۳۹۷ در جدول ۱ ارائه شده است. این آمار از سایت مرکز آمار و رصد شهری، از زیرمجموعه‌های سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران استخراج شده است.

نتایج و بحث

تحلیل اقتصادی

در این بخش برای یک گل‌خانهٔ تاریک رومیزی که اجزای آن در بخش قبل شرح داده شد، تحلیل اقتصادی از منظر سرمایه‌گذار و از منظر خانوار شهر تهران انجام شده است.

الف) از منظر سرمایه‌گذار

هزینهٔ ساخت و راه‌اندازی خط تولید سامانهٔ گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک رومیزی که قصد تولید ۴ هزار دستگاه از این محصول و ۴ هزار محلول غذایی ۵۰۰ سی‌سی را دارد، محاسبه شده است.

سرمایه‌گذاری ثابت

این هزینه شامل هزینهٔ خرید تجهیزات و هزینهٔ آماده‌سازی است.

مجموع این هزینه‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

هزینهٔ خرید تجهیزات شامل خرید ماشین‌آلات و تجهیزات (چرخ خیاطی صنعتی، دستگاه برش برقی برزنت، دستگاه برش و خم لوله، دستگاه برش لیزری چوب، میز مونتاژ، میز لحیم، قطعه‌های الکترونیکی و تجهیزات لحیم‌کاری)، تجهیزات جانبی، وسایل حمل‌ونقل و هزینه‌های احتمالی است.

هزینه‌های آماده‌سازی نیز شامل محوطه‌سازی و اصلاح زمین، کارهای عمرانی، ساختمان و ساخت‌وساز، مطالعه‌های پیش از سرمایه‌گذاری و سایر موارد مشابه برای احداث گل‌خانه است. این هزینه‌ها در جدول ۳ ارائه شده است.

در جدول ۳، هزینه‌های قبل از بهره‌برداری شامل هزینه‌های مربوط به طراحی، مشاوره، صدور مجوزها، قراردادها، جانمایی کارگاهی، همچنین ارزش‌گذاری ثبت اختراع این محصول و هزینهٔ آموزش نیروی انسانی خواهد بود. هزینه‌های ساخت‌وساز عمرانی نیز شامل هزینه‌های مربوط به آماده‌سازی زمین، سازه اصلی و سایر موارد مانند نگهبانی، حصارکشی و خیابان‌کشی است.

طبق جدول‌های ۲ و ۳ و با توجه به توضیحات ارائه‌شده، مجموع هزینهٔ راه‌اندازی (سرمایه‌گذاری) معادل ۳/۷۱۰/۰۰۰/۰۰۰ تومان است.

هزینه‌های جاری (سرمایه در گردش)

مطابق هزینه‌های برآوردشده در سال ۱۳۹۹ میزان سرمایه در گردش (جاری) طبق جدول ۴ برآورد می‌شود.

هزینهٔ حقوق کارمندان شامل حقوق ۱۲ ماه به‌علاوه ۳ ماه عیدی و پاداش و سنوات و ۱ ماه حق مرخصی سالانه کارکنان است.

هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای راه‌اندازی خط تولید گل‌خانهٔ تاریک

جدول ۱. مشخصه‌های مطالعه‌شدهٔ شهر تهران (آمارنامهٔ شهرداری تهران، ۱۳۹۷)

شرح	مقدار
جمعیت شهر تهران	۸،۶۷۹،۹۵۰
تعداد خانوار شهر تهران	۲،۹۰۷،۲۴۰
متوسط روزانهٔ محصول عرضه‌شده	۳۳۰۲ تن
مصرف سالانهٔ میوه و سبزی یک خانوادهٔ تهرانی	حدود ۷۶ کیلوگرم انواع میوه حدود ۷۱ کیلوگرم سبزی و صیفی

جدول ۲. هزینه‌های راه‌اندازی (سرمایه‌گذاری)

شرح هزینه	مجموع هزینه (میلیون تومان)
هزینهٔ خرید تجهیزات	۳۵۰
هزینهٔ آماده‌سازی	۳۳۶۰
جمع	۳۷۱۰

جدول ۳. هزینه‌های آماده‌سازی

شرح	هزینه (میلیون تومان)
هزینه‌های قبل از بهره‌برداری	۲۱۵۰
هزینه‌های ساخت‌وساز عمرانی	۱۱۰۰
هزینهٔ اتصال برق	۴۵
هزینهٔ تجهیزات اداری	۶۵
جمع	۳۳۶۰

جدول ۴. سرمایه در گردش

شرح	هزینهٔ سال (میلیون تومان)	هزینه در گردش ۳ ماه (میلیون تومان)
هزینهٔ حقوق کارکنان	۱۵۴۰	۳۸۵
تعمیر و نگهداری	۳۰	۷.۵
هزینهٔ انرژی مصرفی و آب	۶	۱.۵
بیمهٔ حوادث	۲۰	۵
۵٪ استهلاک تجهیزات	۱۷.۵	۴.۵
۲٪ استهلاک ساختمان	۳۰	۷.۵
سایر	۶.۵	۲
جمع	۱۶۵۰	۴۱۳

جدول ۵. هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای راه‌اندازی خط تولید گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک

شرح	جمع سرمایه‌گذاری (میلیون تومان)
هزینهٔ ثابت	۳،۷۱۰
سرمایه در گردش ۳ ماهه	۴۱۳
جمع	۴،۱۲۳

انرژیتیک در جدول ۵ آورده شده است.

هزینهٔ تولید سالانه

هزینهٔ تولید در سال نیز مطابق جدول ۶ است.

درآمد تولید سالانه

برای محاسبهٔ درآمد سالانه، قیمت محصول تولیدی که شامل گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک رومیزی و محلول غذایی است، در جدول ۷ ارائه شده است.

بخشی از سرمایهٔ راه‌اندازی این خط تولید (حدود ۴۰ درصد) از طریق تسهیلات بانکی تأمین شده است. با دریافت ۴۳۰۰ میلیون تومان تسهیلات بانکی با بهره ۱۵ درصد و دورهٔ تنفس ۱۲ ماه و دورهٔ راه‌اندازی ۲۴ ماه و بازگشت ۵ ساله تسهیلات و با احتساب ۲۰ درصد نرخ تورم، درآمد، هزینه و سود ناخالص سالانه در جدول ۸ ارائه شده است. در این جدول، در نظر گرفته شده است که درآمد تولید سالانه و هزینهٔ تولید سالانه در هر سال نسبت به سال قبل ۲۰ درصد افزایش پیدا کرده است.

جدول ۶. مجموع کل هزینهٔ تولید در سال

شرح	هزینهٔ کل سالانه (میلیون تومان)	هزینهٔ ۳ ماه (میلیون تومان)
نیروی انسانی	۱۵۴۰	۳۸۵
هزینهٔ مواد اولیه و بسته‌بندی	۵۶۰۰	۱۴۰۰
هزینهٔ انرژی (آب، برق و سوخت)	۶	۱.۵
هزینهٔ تعمیرات و نگهداری	۳۰	۷.۵
پیش‌بینی‌نشده	۳۴	۹
جمع	۷۲۰۰	۱۸۰۳

جدول ۷. قیمت و درآمد ناخالص فروش گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک رومیزی و محلول غذایی

نام محصول	واحد	تعداد	واحد فروش (تومان)	درآمد ناخالص سالانه (میلیون تومان)
گل‌خانهٔ برزنتی	عدد	۲،۰۰۰	۲،۱۰۰،۰۰۰	۴،۲۰۰
گل‌خانهٔ امدی‌اف یا پی‌وی‌سی	عدد	۲،۰۰۰	۲،۲۵۰،۰۰۰	۴،۵۰۰
محلول غذایی ۵۰۰ سی‌سی	عدد	۴،۰۰۰	۵۰،۰۰۰	۲۰۰
	جمع کل			۸،۹۰۰

جدول ۸. داده‌های تحلیل اقتصادی گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک از منظر سرمایه‌گذار

شرح	میلیون تومان								
	سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم	سال پنجم	سال ششم	سال هفتم	سال هشتم	سال نهم
درآمد تولید سالانه	۸۹۰۰	۱۰،۶۸۰	۱۲،۸۱۰	۱۵،۳۷۰	۱۸،۴۴۰	۲۲،۱۳۰	۲۶،۵۵۰	۳۱،۸۶۰	۳۸،۲۳۰
سرمایه‌گذاری ثابت	۳۷۱۰	۳۰۰	۰	۳۰۰	۰	۹۰۰	۰	۲،۰۰۰	۶۰۰
هزینهٔ تولید سالانه	۷۲۰۰	۸،۶۴۰	۱۰،۳۷۰	۱۲،۴۴۰	۱۴،۹۹۰	۱۷،۹۲۰	۲۱،۵۰۰	۲۵،۸۰۰	۳۰،۹۶۰
تسهیلات دریافتی	۴۳۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اقساط سالانه تسهیلات	۰	۰	۰	۱،۱۸۸	۱،۱۸۸	۱،۱۸۸	۱،۱۸۸	۱،۱۸۸	۰
سود (زیان) ویژه ناخالص سالانه	۱۷۰۰	۲،۰۴۰	۲،۴۴۰	۱،۴۴۰	۲،۲۳۰	۲،۱۲۰	۳،۸۶۰	۲،۸۷۰	۶،۶۷۰
سود (زیان) ویژه ناخالص تجمیعی	۲۲۹۰	۴،۰۳۰	۶،۴۷۰	۷،۹۱۰	۱۰،۲۳۰	۱۲،۳۵۰	۱۶،۲۱۰	۱۹،۰۸۰	۲۵،۷۵۰

جدول ۹. داده‌های تحلیل اقتصادی گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک از منظر خانوار شهر تهران

شرح	میلیون تومان				
	سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم	سال پنجم
سرمایه‌گذاری اولیه	۲.۱۰۰	۰	۰	۰	۰
هزینهٔ ثابت سالانه	۰/۲۰۸	۰/۲۰۸	۰/۲۰۸	۰/۲۰۸	۰/۲۰۸
صرفه‌جویی اقتصادی سالانه	۰/۵۰۰	۰/۸۰۰	۱،۲۰۰	۱،۶۰۰	۲،۰۰۰
سود (زیان) ویژه ناخالص سالانه	-۱،۸۰۸	۰/۵۹۲	۰/۹۹۲	۱،۳۹۲	۱،۷۹۲
سود (زیان) ویژه ناخالص تجمیعی	-۱،۸۰۸	-۱،۲۱۶	-۰/۲۲۴	۱،۱۶۸	۲،۹۶۰

طبق جدول ۸، دورهٔ بازگشت سرمایه برای راه‌اندازی این خط تولید، با توجه به بازپرداخت تسهیلات دریافتی، ۵ ساله است. ثروت تجمعی ایجادشده برای سرمایه‌گذار پس از ۹ سال، برابر ۲۵/۷۵۰/۰۰۰/۰۰۰ تومان است. مقادیر یادشده برای راه‌اندازی خط تولید ساخت ۴ هزار نمونه از گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک رومیزی بیان شده است؛ در صورتی که اگر برای کل خانوارهای شهر تهران یعنی تعداد ۲،۹۰۷،۲۴۰ ساخته شود، از لحاظ اقتصادی سودآوری بسیار بیشتری خواهد داشت.

ب) از منظر خانواده

برای یک خانوار شهری در تهران، هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه شامل هزینهٔ خرید سامانهٔ گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک رومیزی است. همچنین، هزینهٔ ثابت سالانه نیز مربوط به خرید سالانهٔ محلول غذایی و هزینهٔ برق مصرفی سامانه در یک سال است. درآمد سالانه نیز، قیمت مجموع محصول تولیدی در سال است. محصول تولیدی در این تحلیل اقتصادی گوجه چری در نظر گرفته شده است و مقدار تولید این محصول در یک سال، ۲۰ کیلوگرم فرض شده است. البته از آنجا که خانواده، محصول تولیدی را به فروش نمی‌رساند، واژهٔ صرفه‌جویی اقتصادی، واژهٔ مناسب‌تری در مقایسه با درآمد است. مقدار صرفه‌جویی اقتصادی سالانه، از ضرب تعداد کاشت در سال، درمجموع وزن محصول‌های نهایی در هر دورهٔ کشت در قیمت هر واحد وزنی محصول، به‌دست می‌آید. مقادیر هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه، هزینهٔ ثابت سالانه، صرفه‌جویی اقتصادی سالانه و سود و زیان محاسبه شده، در جدول ۹ ارائه شده است.

طبق جدول ۹، در سال‌های اول، میزان هزینه از صرفه‌جویی اقتصادی بیشتر است؛ اما از سال چهارم به بعد، میزان صرفه‌جویی سالانهٔ سبب نفع اقتصادی این سامانه برای خانواده شده است؛ بنابراین دورهٔ بازگشت سرمایه کمتر از ۴ سال است. این سامانه در ۵ سال، برای خانوار ثروت تجمعی برابر ۲،۹۶۰،۰۰۰ تومان ایجاد کرده که از قیمت خرید اولیهٔ آن کمتر است.

با توجه به برآوردهای انجام‌شده، این سامانه سالانه حدود ۲۰ کیلوگرم سبزی یا صیفی یعنی حدود یک‌سوم نیاز سالانه یک خانواده را تأمین می‌کند؛ بنابراین علاوه بر صرفهٔ اقتصادی، در صورتی که در یک منزل مسکونی تعداد بیشتری از این سامانه قرار داده شود یا در طراحی‌های آینده این محصول در ابعاد یک بزرگ‌تر تولید شود، کل نیاز یک خانواده طی سال تأمین خواهد شد.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، یک گل‌خانهٔ تاریک انرژیتیک رومیزی، معرفی و اجزای مختلف آن شرح داده شد. تحلیل اقتصادی انجام‌شده روی این محصول، نشان می‌داد از منظر سرمایه‌گذار، این سامانه دارای دورهٔ بازگشت سرمایه ۵ سال است. ثروت تجمعی آن پس از ۹ سال و بعد از پرداخت کامل اقساط تسهیلات بانکی، برابر ۲۵،۷۵۰،۰۰۰،۰۰۰ تومان است. از منظر خانوار شهر تهران، این سامانه دارای بازگشت سرمایه کمتر از ۴ سال است و ثروت تجمعی ایجادشده برای خانوار پس از ۵ سال، برابر ۲،۹۶۰،۰۰۰ تومان است. در کنار مزایای اقتصادی، این سامانه سبب کاهش مصرف آب و انرژی و حفظ محیط زیست که در مفهوم هم‌بست به آن اشاره شد و همچنین، کاهش آلودگی هوا و پسماند تولیدی شهر نیز می‌شود؛ بنابراین انتظار می‌رود که با توسعه و تجاری شدن این محصول، به‌زودی در هر واحد مسکونی یک سامانهٔ گل‌خانه تاریک انرژیتیک رومیزی در کنار دیگر وسایل خانه قرار داده شود.

مراجع

Allan, J. A. (1998). “Virtual Water: A Strategic Resource Global Solutions to Regional Deficits.” *Ground Water*, vol.36, no.4, pp. 545–546. https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.1998.tb02825.x

Benke, K., & Tomkins, B. (2017). “Future food-production systems: Vertical farming and controlled-environment agriculture.” *Sustainability: Science, Practice, and Policy*, vol. 13, no.1, pp. 13–26. https://doi.org/10.1080/15487733.2017.1394054

Besthorn, F. H. (2013). “Vertical Farming: Social Work and Sustainable Urban Agriculture in an Age of Global Food Crises.” *Australian Social Work*, vol. 66, no. 2, pp. 187–203. https://doi.org/10.1080/0312407X.2012.716448

Curran, M. A. (1996). *Environmental Life-Cycle Assessment*. McGraw-Hill.

Educational, U. N. (2018). “World Urbanization Prospects.” In *Demographic Research*,vol. 12, https://doi.org/10.4054/demres.2005.12.9

Gulati, M., Jacobs, I., Jooste, A., Naidoo, D., Fakir, S., Jooste, A., Gulati, M. (2013). “The Water–energy–food Security Nexus: Challenges and Opportunities for Food Security in South Africa.” *Aquatic Procedia*, vol. 1, pp. 150–164. https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2013.07.013

Keskinen, M., Guillaume, J. H. A., Kattelus, M., Porkka, M., Räsänen, T. A., & Varis, O. (2016). “The water-energy-food nexus and the transboundary context: Insights from large Asian rivers.” *Water (Switzerland)*, vol. 8, no. 5. https://doi.org/10.3390/w8050193

Kozai, T. (2017). *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production*. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Kozai, T. (2018). “Smart Plant Factory”. In *Springer*. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1065-2

Kurian, M. (2017). “The water-energy-food nexus: Trade-offs, thresholds and transdisciplinary approaches to sustainable development.” *Environmental Science and Policy*, vol. 68. pp. 97–106. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.11.006

Liu, J., Mooney, H., Hull, V., Davis, S. J., Gaskell, J., Hertel, T., … Li, S. (2015). "Systems integration for global sustainability". *Science*, *347*(6225). https://doi.org/10.1126/science.1258832

National Intelligence Council. (2012). *Global Trends2030: Alternative Worlds*. Retrieved from www.dni.gov/nic/globaltrends

Sachs, I., & Silk, D. (1990). Food and energy: strategies for sustainable development. In *United Nations University Press* vol. 1.

Sarkar, A., & Majumder, M. (2015). "Opportunities and Challenges in Sustainability of Vertical Eco-Farming : A Review", vol. 2, no. 2, pp. 98–105. https://doi.org/10.12720/joaat.2.2.98-105

Scopus. (n.d.). Scopus - Analyze search results. *Elsevier: Scopus*. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.04.085

Thornes, J. E. (2002). IPCC, 2001: Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by J. J. McCarthy, O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken a. *International Journal of Climatology*, vol. 22, no. 10. pp. 1285–1286. https://doi.org/10.1002/joc.775

World Economic Forum. (2011). "Water Security: The Water-Food-Energy-Climate Nexus." *Island Press*, p. 39. https://doi.org/10.5822/978-1-61091-026-2

Zhang, C., Chen, X., Li, Y., Ding, W., & Fu, G. (2018). Water-energy-food nexus: Concepts, questions and methodologies. *Journal of Cleaner Production*, vol.195, pp. 625–639. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.194

سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران،"آمارنامه شهرداری تهران ۱۳۹۷".

Urban Economics and Planning

Homepage: http://eghtesadeshahr.tehran.ir/

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Mini Energetic Dark Greenhouse (MEDG) with an approach to family economy of Tehran

Sara Mahmoodian Yonesi, Yazdan Alvari, Mahdi Soofi, Abolghasem Mosayyebi, Majid Zandi*

Renewable Energy Laboratory of Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article History:
Received 2021-02-01
Accepted 2021-03-16

Keywords:
Sustainable Food Security
Water Environment
Food and Energy Nexus
Urban Family Economics
Mini Energetic Dark Greenhouse

ABSTRACT

Water, environment, food and energy are vital resources for human beings; Therefore, creating sustainable security in these interconnected resources is very important. In this research, a solution called Mini Energetic Dark Greenhouse (MEDG) is introduced and its components are described. The impact of this system on various areas of urban management is also explained. This approach can simultaneously help to increase the sustainable security of water, environment, food and energy in the framework of the water, environment, food and energy nexus in urban life. Mini Energetic Dark Greenhouse (MEDG) is used on a home scale. For this system, economic analysis has been done from two perspectives of investors and households in Tehran and costs and revenues have been calculated from these two perspectives. According to the calculations made, the cumulative profit and loss of this system at the end of each year is presented from these two perspectives. From the investor's point of view, this system has a payback period of about 5 years. From the perspective of Tehran households, this system has a return on investment of less than 4 years.

DOI: 10.22034/UE.2021.2.01.01

©2021 Urban Economy. All rights reserved.

COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Mahmoodian Yonesi S.; Alvari Y.; Soofi M.; Mosayyebi A.; Zandi M. (2021). Mini Energetic Dark Greenhouse (MEDG) with an approach to family economy of Tehran. Urban Economics and Planning, 2(1): 1-9.

DOI: 10.22034/UE.2021.02.01.01

url: http://eghtesadeshahr.tehran.ir/article_129200.html

*Corresponding Author: Email: *m_zandi@sbu.ac.ir*