

ارزیابی روش‌های برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز شهری

محمد انصاری قوجقار^۱، احسان پارسی^۲، عبدالمجید لیاقت^{۳*}، علی سلاجقه^۴

۱ و ۳- گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- کارشناس مطالعات، شرکت مهندسی مشاور آب و انرژی اروند

۴- گروه علوم و مهندسی آبخیز، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

چکیده

با توجه به رشد جمعیت شهری و افزایش آلودگی هوا و همچنین رسیدن به سرانه مطلوب فضای سبز، لزوم توسعه فضای سبز شهری بیش از گذشته روشن می‌گردد. با این حال کمبود منابع آبی قابل استحصال نگرانی‌ها را در این بخش افزایش می‌دهد. مدیریت مصرف منابع آبی، یکی از راه‌کارهای مناسب و اصولی جهت جبران بخش زیادی از کمبود آب مورد نیاز فضای سبز می‌باشد. محاسبه و برآورد نیاز آبی فضای سبز شهری می‌تواند کمک شایانی به برنامه‌ریزی در جهت مصرف بهینه منابع آبی کند. در این تحقیق تبخیر و تعرق گیاهان فضای سبز شهری محدوده منطقه یک شهرداری تهران به مساحت خالص ۱۵۳۵/۴ هکتار با استفاده از سه روش WUCOLS، IPOS و PF برآورد گردید. محدوده مطالعاتی شامل ۵۲ گونه مختلف گیاهی می‌باشد. جهت محاسبه تبخیر و تعرق مرجع و مقدار بارندگی مؤثر، از داده‌های اقلیمی ایستگاه هواشناسی شمال تهران در بازه ۳۰ ساله (۱۳۹۵-۱۳۶۵) استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار نیاز آبی محاسبه شده مربوط به روش PF به میزان ۷۸۶/۷۲ میلی‌متر در سال و کمترین آن مربوط به روش IPOS به میزان ۳۷۸/۰۸ میلی‌متر در سال می‌باشد. همچنین نتایج این پژوهش حاکی از آن است که روش WUCOLS با مجموع مقدار نیاز آبی محاسبه شده ۷۷۱/۳۳ میلی‌متر در سال، به علت داشتن پارامترهای بیشتر و کامل‌تر و ارتباط مناسب‌تر با تمامی اهداف مد نظر در فضای سبز شهری، روشی مناسب‌تر برای برآورد نیاز آبی فضای سبز شهری می‌باشد.

کلید واژه‌ها: WUCOLS، IPOS، PF، تبخیر و تعرق، فضای سبز.

مقدمه

گوناگون و پذیرش آن به عنوان شاخصی مهم در محاسبات مربوط به نیاز آبی گیاهان شده است (Grattan et al., 1998). در پژوهشی Symes et al. (2008) با توجه به گسترش فضای سبز شهری که شامل گونه‌های متعددی است، راه‌کارهای مدیریت آب را در باغ گیاه‌شناسی ملیورن مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها با پایش رطوبت خاک و شناسایی عمق توسعه ریشه، به بررسی ویژگی‌های خاک و نفوذپذیری آب در خاک پرداختند. این گروه با تخمین نیاز آبی گیاهان فضای سبز با روش طبقه‌بندی آب مورد استفاده گونه‌های فضای سبز (wucols¹) توانستند برنامه‌ریزی مناسبی برای آبیاری ارائه کنند که شامل کشت‌های مختلط گیاهان بود. (Nouri et al., 2012) روش‌های بیلان آبی، روش طبقه‌بندی آب مورد استفاده گونه‌های فضای سبز (wucols)، سنجش از دور و بیلان انرژی نسبت بوون را برای تعیین نیاز آبی فضای سبز مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها از این پژوهش نتیجه گرفتند که روش کالیفرنیا یک روش کاربردی است و می‌تواند برای برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز استفاده شود. همچنین عابادی کوپایی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از میکرو لایسیمترهای زهکش‌دار برای چندگونه گیاه گلخانه‌ای، موفق به اندازه‌گیری و مدل‌سازی نیاز آبی و ضرایب گیاهی شدند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که بهترین مدل پیشنهادی یک معادله رگرسیونی غیرخطی مبتنی بر دمای متوسط روزانه، تشعشع خورشیدی و ارتفاع گیاه می‌باشد. (Shojaei et al., 2018) با استفاده از روش‌های روش طبقه‌بندی آب مورد استفاده گونه‌های فضای سبز (wucols) و Limp² نیاز آبی را برای گیاهان فضای سبز برآورد کردند. نتیجه این تحقیقات نشان داد که روش wucols نیاز آبی را به میزان ۵ درصد کمتر تخمین زده است. دلفان آذری و همکاران (۱۳۹۷) پژوهشی را به منظور بررسی نیاز آبی سه گونه گیاهی زبان ینجشک، کاج تهران و توت‌نرک در فضای سبز شهری طی دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در منطقه افسریه تهران انجام دادند. در این پژوهش، نیاز آبی هر سه گونه با استفاده از روش پیشنهادی فائو در سیستم آبیاری قطره‌ای و روش wucols III در طی هفت ماه (فروردین تا مهرماه) در منطقه مورد مطالعه تعیین شد. نتایج

امروزه بخش عمده‌ای از جمعیت مردم جهان در نواحی شهری زندگی می‌کنند که این جمعیت سالیانه با نرخ رشد ۲ درصد در حال افزایش است (Poudyal et al., 2009). کمبود آب یکی از مهم‌ترین منابع مورد نیاز جامعه بشری و در عین حال یکی از بزرگترین چالش‌های قرن حاضر است که می‌تواند سرمنشأ بسیاری از تحولات مثبت و منفی جهان قرار گیرد (پورغلام آمیجی و همکاران، ۱۳۹۹). با گسترش شهرنشینی، اهمیت نقش فضای سبز شهری و فواید آن در ایجاد فضای مناسب برای زندگی و حفظ رفاه ساکنین مناطق شهری بیش از پیش مشخص می‌شود (et al., 2007). عدم انطباق بین تأمین و تقاضای آب، می‌تواند بحران‌آفرین باشد. این بحران می‌تواند در بعد محلی، منطقه‌ای، ملی و حتی در بعد جهانی اتفاق افتد. عدم تعادل در بخش منابع آب می‌تواند ناشی از چرخه هیدرولوژی و محدودیت طبیعی منابع آب و نیز فعالیت‌های بشری نظیر استفاده بی‌رویه از منابع و آلوده کردن منابع آب باشد (حمدی احمدآباد و همکاران، ۱۳۹۸؛ پورغلام آمیجی و همکاران، ۱۳۹۸). مطالعات مختلفی وجود دارد که خطرات ناشی از کمبود آب و آسیب‌پذیری منابع آب را در مقیاس منطقه‌ای و جهانی مورد بررسی قرار داده‌اند (Cosgrove and Rijsberman, 2014; Vaghefi et al., 2019). یکی از عوامل مهم برای مدیریت منابع آب، تعیین صحیح و دقیق تبخیر و تعرق گیاهان کشت‌شده می‌باشد اما نیاز آبی گیاهان در مراحل مختلف رشد متفاوت بوده و این نیاز تحت تأثیر مستقیم تبخیر و تعرق گیاه و تغییر در پوشش گیاهی و شرایط آب و هوایی قرار دارد. پژوهش‌ها در زمینه تبخیر و تعرق و نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی در مناطق مختلف دنیا توسط پژوهش‌گران بسیاری صورت گرفته است (Hassanali et al., 2009; Araya et al., 2011). با وجود این تحقیقات، در زمینه نیاز آبی گیاهان فضای سبز شهری مطالعات کمتری صورت گرفته است و عمده این پژوهش‌ها نیز مربوط به نیاز آبی و تبخیر و تعرق انواع چمن بوده است. ضریب گیاهی به‌طور عمده به ویژگی‌های گیاه و به‌طور محدودتر به اقلیم بستگی دارد و همین ویژگی موجب به‌کارگیری ضرایب گیاهی استاندارد در مناطق و اقلیم‌های

1. Water use classification of landscape species
2. Landscape irrigation management program

نگران آسیب جدی به گیاهان فضای سبز نبود. نوری و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهش خود با عنوان آب مورد نیاز برای گیاهان فضای سبز و مقایسه سه روش 'IPOS', 'PF' و روش طبقه‌بندی آب مورد استفاده گونه‌های فضای سبز شهر آدلاید استرالیا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش حاکی از دقت بالای روش طبقه‌بندی آب مورد استفاده گونه‌های فضای سبز می‌باشد.

با توجه به اهمیت تعیین نیاز آبی گیاهان بخصوص گیاهان فضای سبز به جهت نقش آن‌ها در توسعه شهری، بررسی دقت روش‌های برآورد نیاز آبی گیاهان فضای ضروری است. دقت بالای این روش‌ها می‌تواند به صرفه‌جویی در مصرف منابع آبی کمک شایانی کند. هدف نهایی این تحقیق، مقایسه نتایج سه روش محاسبه نیاز آبی فضای سبز در محدوده منطقه یک شهرداری تهران است. در بیشتر تحقیقات انجام‌شده، نیاز آبی گیاهان فضای سبز برای یک یا چند گونه گیاهی خاص انجام شده است. نوآوری این پژوهش در مقایسه سه روش برآورد نیاز آبی است که بصورت تخصصی به گیاهان فضای سبز اختصاص دارد. همچنین برآورد نیاز آبی سطح وسیعی از فضای سبز شهری، استفاده از گونه‌های مختلف گیاهی، استفاده از مجموعه‌ای از تقسیمات فضای سبز شهری و بررسی وضعیت منابع آب موجود منطقه مورد مطالعه از دیگر نوآوری‌های این پژوهش می‌باشد.

مواد و روش‌ها

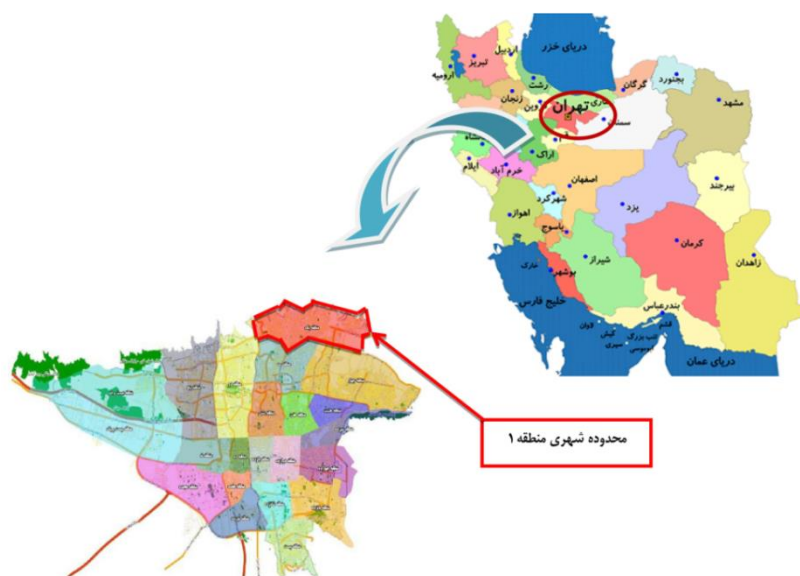
معرفی منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در شمال شهر تهران و در منطقه یک از مناطق ۲۲ گانه شهرداری تهران انجام شد. مساحت این منطقه ۶۴۰۰ هکتار می‌باشد که از این مقدار، به طور خالص ۱۵۳۵/۴ هکتار را فضای سبز تشکیل می‌دهد. در شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. منطقه یک شهر تهران با قرار گرفتن در ارتفاع بین ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ متری از سطح دریا دارای شرایطی است که ویژگی‌های اقلیمی آن با ارتفاع تغییر می‌کند. به عنوان نمونه میانگین بارش سالانه تهران ۲۴۰ میلی‌متر و میانگین تعداد روزهای یخبندان ۴۸

نشان داد که بیشترین و کمترین نیاز آبی به ترتیب مربوط به گونه‌های توت‌نرک و کاج تهران بود. سعیدی‌نیا و همکاران (۱۳۹۷) تبخیر و تعرق و ضریب گیاهی دو گونه بابونه و زیره سبز را با استفاده از لایسیمتر برآورد کردند. تبخیر و تعرق بابونه ۶۱۰/۳ و گیاه زیره سبز ۴۱۶/۴ میلی‌متر به دست آمد. علایی و همکاران (۱۳۹۸) پژوهشی در زمینه نیاز آبی و برنامه‌ریزی آبیاری درخت سنجد در منطقه وردیچ استان تهران انجام دادند. آن‌ها در این تحقیق از روش (wucols) استفاده کردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در سال اول بعد از کشت، مقدار نیاز خالص آبیاری در پنج ماه از سال (از خرداد تا مهر) با مقدار کل ۱۶۶/۰۱ میلی‌متر تأمین می‌شود. برای به دست آوردن تبخیر و تعرق گیاه، به صورت معمول از ضرب ضریب گیاهی در تبخیر و تعرق گیاه مرجع استفاده می‌شود. در خصوص برآورد تبخیر و تعرق فضای سبز علاوه بر ضریب گیاهی باید ضرایب مربوط به سایه‌اندازی، تعدیل تراکم بوته و تنظیم گونه گیاهی خاص نیز برآورد شوند. در مراجع و دستورالعمل‌های مدون توصیه شده است که برای اطلاع از نیاز آبی گیاهان تا حد امکان از سند ملی آب و کتاب برآورد نیاز آبی گیاهان عمده زراعی و باغی که توسط موسسه تحقیقات خاک و آب وزارت جهاد کشاورزی منتشر شده است، استفاده شود که در چنین صورتی نیاز به تحلیل و برآورد این پارامتر در مطالعات مختلف نمی‌باشد و در صورتی که در این منابع به اطلاعات مورد نظر دست یافته نشد، از روش‌های معتبر پذیرفته‌شده استفاده شود. انصاری قوجقار و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی با استفاده از روش wucols نیاز آبی گیاهان فضای سبز سطح منطقه چهار شهرداری تهران را برآورد کردند. آن‌ها همچنین با محاسبه حجم آب قابل برداشت در سطح منطقه مورد مطالعه، کمبود منابع آبی مورد نیاز برای آبیاری فضای سبز این منطقه را محاسبه کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که کمبود منابع آبی جهت حفظ وضع موجود فضای سبز برابر با ۵۱ درصد می‌باشد. Parhami-Poya and Hasanli (2015) در مطالعات خود بر روی روش‌های برآورد تبخیر و تعرق گیاهان فضای سبز به این نتیجه رسیدند؛ با کاربرد روش WUCOLS برای برآورد نیاز آبی می‌توان در کاهش مصرف آب و کاهش هزینه‌های پمپاژ و انتقال صرفه‌جویی قابل توجهی بعمل آورد و در عین حال

شد. این ایستگاه با طول دوره آماری بلندمدت ۳۰ ساله (۱۳۶۵-۱۳۹۵) و داشتن اکثر پارامترهای مهم هواشناسی نظیر دما، رطوبت، سرعت باد، بارندگی و ساعت آفتابی و غیره از شاخص‌ترین ایستگاه‌های تهران محسوب می‌شود. در جدول (۱) مشخصات ایستگاه منتخب ارائه شده است. جدول (۲) نیز مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل به روش پنمن-مانتیت در ایستگاه شمال تهران را نشان می‌دهد.

روز در سال بوده است. بیشتر بارش‌های تهران در ماه‌های آبان تا فروردین رخ می‌دهد ولی رگبارهای شدید ممکن است در هر فصلی اتفاق بیفتند (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۰). در محدوده مورد مطالعه در منطقه یک شهرداری تهران، ایستگاه سینوپتیک دوشان‌تپه و شمال تهران وجود دارد. به لحاظ طول آماری و رقوم ارتفاعی مناسب و همچنین هماهنگی با اهداف مطالعه، ایستگاه سینوپتیک شمال تهران به عنوان معرف پارامترهای اقلیمی منطقه یک تهران انتخاب



شکل ۱- موقعیت محدوده مطالعاتی

جدول ۱- مشخصات ایستگاه هواشناسی مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول دوره آماری (سال)
شمال تهران	۲۹-۵۱	۴۸-۳۵	۱۵۴۸/۲	۱۳۶۵-۱۳۹۵

جدول ۲- تبخیر و تعرق پتانسیل به روش پنمن - مانیتیت در ایستگاه شمال تهران

واحد	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
میلی‌متر در روز	۳/۱	۱/۸	۱/۰	۰/۸	۱/۰	۱/۸	۲/۸	۴/۰	۴/۹	۵/۳	۵/۱	۴/۳	-
میلی‌متر در ماه	۹۳/۲	۵۳/۵	۳۰/۱	۲۴/۴	۳۰/۹	۵۲/۸	۸۵/۹	۱۲۴/۱	۱۵۲/۳	۱۶۴/۰	۱۵۸/۹	۱۳۱/۸	۱۱۰۱/۹

تبخیر و تعرق برای هر پوشش گیاهی است. شناخت رفتار و خصوصیات پوشش گیاهی غیر مرجع در مقایسه با پوشش گیاهی مرجع (چمن)، اولین قدم در برآورد تبخیر و تعرق گیاهان زراعی است. ضریب گیاهی بیان‌کننده اثرات پوشش گیاهی و رطوبت خاک گیاه غیر مرجع نسبت به گیاه مرجع است (Doorenbos, 1977) اما نیاز آبی گیاهان فضای سبز کاملاً متفاوت از محصولات زراعی است. بر خلاف

یکی از راه‌کارهای علمی برای افزایش راندمان مصرف آب، آگاهی از نیاز آبی گیاهان کشت‌شده است (Tyagi et al., 2000) اما با توجه به نکات بیان‌شده، زمان ریزش نزولات جوی با نیازهای پیک فضای سبز که مصرف‌کننده اصلی آب است، مطابقت ندارد که این موضوع ضرورت مصرف بهینه منابع آبی موجود در سطح شهر تهران را نشان می‌دهد. بنابراین مهمترین فاکتور در این زمینه، محاسبه میزان دقیق

محصولات کشاورزی، گیاهان فضای سبز از ترکیب گونه‌های مختلف گیاهی تشکیل شده است که هر کدام نیاز آبی متفاوتی دارند (Wolf and Lundholm, 2008).

روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز (wucols)

نیاز آبی گیاهان یکی از بخش‌های مهم چرخه هیدرولوژی است که تخمین دقیق آن برای مطالعات بیلان آبی، تأسیسات آبی، مدیریت و طراحی سیستم‌های نوین آبیاری و مدیریت منابع آب مورد نیاز می‌باشد. یکی از روش‌های بکار برده شده در این پژوهش، با توجه به دستورالعمل پیشنهادی دانشگاه کالیفرنیا با عنوان روش طبقه‌بندی آب مورد استفاده گونه‌های فضای سبز (wucols) در تعیین ضریب فضای سبز محاسبه شده است. در واقع روشی که برای تخمین نیاز آبی مجموعه گیاهان فضای سبز به کار می‌رود، همانند روشی است که برای گیاهان و چمنزارها مورد استفاده قرار می‌گیرد. نیاز آبی گیاهان در آزمایشگاه‌ها و مطالعات مزرعه‌ای از طریق روش‌های مستقیم (لایسیمتر و بیلان آبی) و روش‌های غیر مستقیم (بالانی کریدل، فائو-پنمن-مانتیت، جنسن-هیز) برآورد می‌شود. مجموع کل تلفات آب (تبخیر و تعرق) در طول یک دوره زمانی معین، تخمینی از مقدار نیازی است که باید به وسیله آبیاری جایگزین شود. از آنجا که پرورش دهندگان و مدیران چمنزارها مجهز به ابزاری برای اندازه‌گیری تبخیر و تعرق در مزرعه نیستند، برای این منظور فرمولی ابداع شده است که می‌توان توسط آن تبخیر و تعرق را برآورد کرد. این فرمول (که فرمول ETC نامیده می‌شود) به صورت رابطه زیر بیان می‌شود:

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (1)$$

که در آن ET_c تبخیر و تعرق گیاه، K_c ضریب گیاهی و ET_0 تبخیر و تعرق پتانسیل می‌باشد.

رابطه (۱) بیان می‌کند که آب از دست رفته از یک گیاه (تبخیر و تعرق گیاه، ET_c)، معادل حاصل ضرب مقدار آب تبخیر شده از چمن فصل سرد به ارتفاع ۴ تا ۷ اینچ و در شرایط مزرعه‌ای باز (تبخیر و تعرق پتانسیل، ET_0) در عامل مشخص گیاهی (ضریب گیاهی، K_c) می‌باشد. ضریب گیاهی از طریق تحقیقات مزرعه‌ای و تبخیر و تعرق پتانسیل (ET_0) از یک تشتک تبخیر کلاس A یا از یک ایستگاه هواشناسی تخصصی تخمین زده می‌شود. در روش دانشگاه

کالیفرنیا، فرمول برآورد تبخیر و تعرق صرفاً برای کاربرد در فضای سبز اصلاح شده است که در آن ضریب فضای سبز (K_L) جایگزین ضریب گیاهی (K_c) شده است. در واقع می‌توان آب مورد نیاز مجموعه گیاهان فضای سبز را از طریق محاسبه تبخیر و تعرق و با استفاده از رابطه (۲) تخمین زد (Costello et al., 2000):

$$ET_L = K_L \times ET_0 \quad (2)$$

که در آن ET_L تبخیر و تعرق فضای سبز، K_L ضریب فضای سبز و ET_0 تبخیر و تعرق پتانسیل می‌باشد.

رابطه (۲) (که فرمول ET_L نامیده می‌شود) بیان می‌کند که آب مورد نیاز مجموعه گیاهان فضای سبز (تبخیر و تعرق فضای سبز، ET_L)، از حاصل ضرب ضریب فضای سبز (K_L) در تبخیر و تعرق پتانسیل (ET_0) محاسبه می‌شود. تبخیر و تعرق پتانسیل (ET_0) از اطلاعات ایستگاه هواشناسی تخمین زده می‌شود که در این تحقیق مطابق جدول (۱) از اطلاعات ایستگاه هواشناسی تهران شمال استفاده شده است. همچنین در این ایستگاه تبخیر و تعرق به روش پنمن-مانتیت برآورد شده است (جدول ۲).

همان‌طور که در بالا ذکر شد، فرمول ET_L عمدتاً همان فرمول ET_c است، جز آن که ضریب فضای سبز جایگزین ضریب گیاهی شده است. این تغییر به دلیل وجود تفاوت‌های اساسی بین سیستم‌های گیاهی یا چمنزارها و مجموعه گیاهان فضای سبز می‌باشد (Nouri et al., 2016). با این تفاسیر، سه تفاوت عمده بین ضریب گیاهی و ضریب فضای سبز به شرح زیر مورد توجه خواهد بود:

گونه: بر خلاف یک محصول یا چمنزار، مجموعه گیاهان فضای سبز، عموماً بیش از یک گونه می‌باشند. همچنین مجموعه‌ای از گونه‌ها معمولاً در یک منطقه با هم آبیاری می‌شوند و این گونه‌ها ممکن است نیاز آبی بسیار متفاوتی از هم داشته باشند. لازم است تا در تعیین ضریب گیاهی، برخی ملاحظات مربوط به ترکیب گونه‌های رایج کشت‌شده‌ای که حالت غالب دارند، در نظر گرفته شود.

تراکم: تراکم گیاهی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای در فضای سبز متفاوت است. بعضی از مجموعه‌های گیاهی سطح برگ بسیار بیشتری نسبت به سایر مجموعه گیاهان دارند؛ به عنوان مثال یک مجموعه فضای سبز که شامل درختان، درختچه‌ها

$$K_L = K_S \times K_d \times K_{mc} \quad (۳)$$

که در آن K_L ضریب فضای سبز، K_S عامل گونه‌ها، K_d عامل تراکم و K_{mc} عامل ریز اقلیم می‌باشد. رابطه (۳) بیان می‌کند که ضریب فضای سبز از حاصل ضرب عامل گونه در عامل تراکم در عامل ریز اقلیم به دست می‌آید که با تعیین مقدار عددی برای هر عامل، ضریب فضای سبز محاسبه می‌شود (Nouri et al., 2016). در جدول (۳) مقادیر عوامل مؤثر در تعیین ضریب فضای سبز بیان شده است. عامل گونه‌ها برای محاسبه اختلاف آب مورد نیاز گونه‌ها به کار می‌رود. در یک فضای سبز، برخی گونه‌های گیاهی تحت عنوان گونه‌های پرمصرف از نظر آب شناخته می‌شوند، مانند درخت گیلاس و گل ادریس؛ در حالی که برخی گونه‌های گیاهی از نظر مصرف آب در رده خیلی کم قرار دارند، نظیر درخت زیتون و خرزهره. طبقه‌بندی عامل گونه‌ها بدون در نظر گرفتن تیپ رویشی (درخت، درختچه، گیاه پوششی، درخت مو و گیاهان علفی) به کار گرفته می‌شوند و مبتنی بر مطالعات کاربرد آب برای گونه‌های فضای سبز است. عامل گونه‌ها با توجه به نوع پوشش گیاهی کاملاً متفاوت بوده و لذا برای هر بوستانی مقداری متناسب با الگوی کشت آن می‌باشد. عامل تراکم در فرمول ضریب فضای سبز بدین منظور به کار می‌رود که اختلاف تراکم گیاه در بین گیاهان فضای سبز محاسبه شود. تراکم پوشش گیاهی برای نشان دادن مجموع سطح برگ تمام گیاهان در فضای سبز به کار می‌رود. اختلاف در تراکم پوشش گیاهی یا سطح برگ، به تفاوت در تلفات آب منتهی می‌شود. محدوده عامل تراکم از ۰/۵ تا ۱/۳ می‌باشد. فضاهای سبز کم تراکم، تنک و یا نابالغ، سطح برگ کمتری نسبت به فضای سبز متراکم و بالغ دارند و از این جهت آب کمتری را از دست می‌دهند. مقدار K_d این مجموعه گیاهان در طبقه پایین قرار می‌گیرد. پوشش گیاهی با ترکیبی از انواع گیاهان (درختان، درختچه‌ها و گیاهان پوششی) دارای سطح برگ بیشتری نسبت به پوشش گیاهی با یک نوع گیاه می‌باشد و لذا آب بیشتری را از دست می‌دهد. مقدار عامل تراکم این مجموعه گیاهی در طبقه بالا قرار می‌گیرد. مجموعه گیاهان کامل ولی عمدتاً از یک نوع گیاه در طبقه متوسط قرار می‌گیرند. با توجه به وضعیت پوشش گیاهی منطقه یک تهران، عامل تراکم گونه در هر سه رنج نامبرده قرار دارد. به‌طور مثال در بوستان رسالت تراکم

و گیاهان پوششی است و در یک منطقه کوچک نزدیک به هم کاشته شده‌اند، دارای سطح برگ بسیار بیشتری از فضاهای سبزی می‌باشند که فقط دارای درختچه‌هایی با فاصله زیاد در منطقه‌ای به همان وسعت کشت شده‌اند. سطح برگ بیشتر به معنای افزایش در تعرق مجموعه گیاهان می‌باشد. در نتیجه انتظار می‌رود یک مجموعه گیاه متراکم با وجود کاهش میزان تبخیر از سطح خاک، مقدار بیشتری آب را نسبت به یک مجموعه گیاه تنک و با فاصله کشت زیاد از دست بدهد. برای ارائه یک تخمین قابل اعتماد از تلفات آب، لازم است ضریب فضای سبز برای تغییرات تراکم گیاهی محاسبه شود (Costello et al., 2000).

ریز اقلیم: بسیاری از نقاط فضاهای سبز، در برگیرنده طیفی از ریز اقلیم‌ها، از مناطق سرد، سایه‌دار و محافظت‌شده تا مناطق گرم، آفتابی و بادی می‌باشند. این تفاوت‌ها در اقلیم، به شکل عمده‌ای بر تلفات آب گیاه اثر می‌گذارند. بر اساس نتایج آزمایش‌های انجام‌شده، مجموعه گیاهان مناطق هموار می‌تواند تا ۵۰ درصد تلفات آب بیشتری نسبت به مجموعه گیاهان با همان گونه‌ها و در یک پارک داشته باشند (Nouri et al., 2000). همچنین بر اساس مطالعات، گیاهان در مناطق سایه‌دار می‌تواند تا ۵۰ درصد تلفات آب کمتری نسبت به گیاهانی از همان گونه در مزارع باز، دارا باشند (Costello et al., 2000). این تفاوت در تلفات آب که توسط ریز اقلیم‌ها ایجاد می‌شود، لازم است در ضریب فضای سبز محاسبه شود. در مجموع، سه عامل فوق باعث می‌شوند که مجموعه گیاهان فضای سبز کاملاً متفاوت از گیاهان کشاورزی و چمنزارها باشند و این تفاوت‌ها در برآورد تلفات آب فضای سبز باید مدنظر قرار گیرند. ضریب فضای سبز (K_L) به ویژه برای محاسبه این تفاوت‌ها در مقایسه با ضریب گیاهی (K_C) در نظر گرفته شده است (Costello et al., 2000).

تعیین ضریب فضای سبز

این ضریب همان وظیفه‌ای را بر عهده دارد که ضریب گیاهی انجام می‌دهد، با این تفاوت که این ضریب به همان روش تعیین نمی‌شود. ضرایب فضای سبز از طریق سه عامل گونه، تراکم و ریز اقلیم محاسبه می‌شوند. این عوامل به شکل رابطه زیر در فرمول فضای سبز به کار می‌روند:

می‌دهند. این مشخصه‌ها در بین مناظر به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای متنوع است و منجر به ایجاد تفاوت در ریز اقلیم‌ها می‌شوند. برای توجیه این تفاوت‌ها، عامل ریز اقلیم (Kmc) مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقادیر عامل گونه‌ها، عامل تراکم و عامل ریز اقلیم در جدول (۳) بیان شده است (Nouri et al., 2016). همچنین در جدول (۴) مقادیر عامل گونه‌های گیاهی منطقه یک شهرداری تهران بیان شده است.

بالا، در بوستان اردیبهشت تراکم متوسط و در پارک‌هایی نظیر قسمت جنگلی بوستان ساحل که تنها یک گونه گیاهی کشت شده، تراکم در طیف پایین قرار می‌گیرد (جدول ۳). ریز اقلیم‌ها در هر فضای سبزی وجود دارند و لازم است در تخمین تلفات آب گیاه مدنظر قرار گیرند. مشخصه‌های خاص فضای سبز شهری (مانند ساختمان‌ها و سنگ‌فرش‌ها) دما، سرعت باد، شدت نور و رطوبت را تحت تأثیر قرار

جدول ۳- مقادیر عوامل مؤثر در تعیین ضریب فضای سبز (Costello et al., 2000)

شرح	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
عامل گونه‌ها (Ks)	۰/۷-۰/۹	۰/۴-۰/۶	۰/۱-۰/۳	<۰/۱
عامل تراکم (Ka)	۱/۱-۱/۳	۱/۰	۰/۵-۰/۹	-
عامل ریز اقلیم (Kmc)	۱/۱-۱/۴	۱/۰	۰/۵-۰/۹	-

جدول ۴- مقادیر عامل گونه‌های گیاهی گیاهان منطقه یک تهران (Costello et al., 2000)

گونه	نیاز آبی	Ks	Ks ave	گونه	نیاز آبی	Ks	Ks ave
چنار	متوسط تا زیاد	۰/۴-۰/۶	۰/۶	افاقیا	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲
کاج تهران	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۳	شمشاد	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۵
کاج کاشفی	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴	یاس هلندی	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲
سرو خمره‌ای	کم تا متوسط	۰/۱-۰/۳	۰/۳	ابریشم مصری	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲
سرو نقره‌ای	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۳	میخک	کم تا متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴
سنجد	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲	گل پامچال	متوسط تا زیاد	۰/۷-۰/۹	۰/۷
زبان گنجشک	کم تا متوسط	۰/۱-۰/۳	۰/۳	توری	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲
بلوط	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴	طاووسی	کم تا متوسط	۰/۱-۰/۳	۰/۳
بادام	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲	ختمی درختی	کم تا متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴
بید	متوسط تا زیاد	۰/۴-۰/۶	۰/۵	اسپیره	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۵
زیتون	کم تا متوسط	۰/۱-۰/۳	۰/۳	زرشک	کم تا متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴
آلو	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴	مروارید	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴
به ژاپنی	کم تا متوسط	۰/۱-۰/۳	۰/۳	ارغوان	کم تا متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴
سیب	متوسط تا زیاد	۰/۴-۰/۶	۰/۵	بربریس	کم تا متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴
گردو	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴	خرزهره	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲
اکالیپتوس	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲	نسترن	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴
صنوبر	کم تا متوسط	۰/۱-۰/۳	۰/۳	بنفشه	متوسط تا زیاد	۰/۷-۰/۹	۰/۷
نارون	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴	لاله	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴
داغداغان	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲	رز (سرخ)	کم تا متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴
افرا	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۴	درختچه‌ای ترون	متوسط تا زیاد	۰/۷-۰/۹	۰/۷
عرعر	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲	رزماری	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲
انجیر	کم تا متوسط	۰/۱-۰/۳	۰/۳	چمن سردسیری	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۵
انار	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲	چمن گرمسیری	زیاد	۰/۷-۰/۹	۰/۹
توت نرک	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲	انواع سدوم	متوسط تا زیاد	۰/۷-۰/۹	۰/۸
توت کاکوزا	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲	پاپیتال	متوسط	۰/۴-۰/۶	۰/۵
توت	کم تا متوسط	۰/۱-۰/۳	۰/۳	پیراکانتا	کم	۰/۱-۰/۳	۰/۲

روش عامل گیاهی (PF)

نیاز دقیق آبی این گیاهان را برآورد کرد و با توجه به نیاز آبی، آب مصرف شود. چمن به عنوان یکی از گیاهان اصلی و ضروری اغلب باغ‌ها و پارک‌ها نقش مهمی را در طراحی و ایجاد فضای سبز ایفا می‌کند. از آنجایی که سطح وسیعی از ایران دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک است، در چنین اقلیمی ایجاد فضای سبز و چمن کاری بدون در نظر گرفتن چمن‌های گرمسیری به درجه حرارت زیاد مقاوم‌اند، در سرما قهوه‌ای می‌شوند و به خواب می‌روند. رشد بهینه‌ی آن‌ها در نور کامل خورشید و درجه حرارت ۲۵ تا ۳۵ سانتی‌گراد است. چمن‌های سردسیری، در آب و هوای خنک به خوبی رشد می‌کنند، به گرمای زیاد مقاوم نیستند و درجه حرارت مناسب برای رشد آنها ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد است (دفتر نظام فنی اجرایی، معاونت نظارت راهبردی، ۱۳۸۹). IPOS توسط دولت استرالیا جنوبی برای مدیریت آب در فضای باز عمومی و مخصوصاً زمین‌های ورزشی و پارک‌های تفریحی معرفی شده است. در این روش نیاز آبی چمن در فضای باز شهری محاسبه می‌شود و مقدار آب مورد نیاز گیاه برای عملکرد استاندارد و رشد مناسب با اندازه‌گیری میزان تبخیر و تعرق گیاه چمن در فضای سبز (ET_L) بوسیله تبخیر و تعرق مرجع (ET_0)، ضریب گیاهی (K_c) و عامل تنش گیاهی (K_{st}) محاسبه می‌شود (South Australian Water Corporation, 2008).

$$ET_L = ET_0 \times K_c \times K_{st} \quad (4)$$

مقدار ET_0 از جدول (۲) که با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی تهران شمال محاسبه شده است، بدست می‌آید. جهت برآورد ضریب K_c در این روش، گیاه چمن به دو گروه گرمسیری و سردسیری دسته‌بندی شده است و بر اساس نوع چمن K_c آن مشخص می‌شود. مقادیر K_c گیاه چمن به دو گروه گرمسیری و سردسیری مربوط به روش IPOS، در جدول (۵) بیان شده است (South Australian Water Corporation, 2008).

عامل تنش گیاهی بیشتر برای نشان اطمینان از عملکرد مناسب زیبایی و سلامت چمن در شرایطی که اقدام به کاهش مصرف آب و حفاظت از آب می‌شود، بکار می‌رود. براساس پیشنهاد دهندگان این روش میزان کاهش عملکرد

کم آبیاری یک راهبرد برای تولید پایدار در شرایط کمبود آب است، به نحوی که حد مجاز کاهش مصرف آب و عملکرد در واحد سطح تعیین می‌شود. گرچه با اعمال کم آبیاری تا حدودی گیاه تحت تنش آبی قرار می‌گیرد ولی با تنظیم مراحل آبیاری و بهینه‌سازی می‌توان از واحد حجم آب حداکثر استفاده را به عمل آورد (Kirnak et al., 2002). عامل گیاهی، حداقل آبیاری قابل قبول برای گیاهان فضای سبز و چشم انداز است که تأکید بر حفظ زیبایی گیاه دارد (Moore, 2012). بسیاری از گیاهان چوبی در فضای سبز می‌توانند شادابی خود را در حدی از رطوبت‌های کم نشان دهند (Kirnak et al., 2002). در این روش آب مورد نیاز گیاهان فضای سبز به عنوان درصدی از ET_0 محسوب می‌شود؛ به طوری که موجب کاهش زیبایی ظاهری و عملکرد آن‌ها نشود. با این حال آب مورد نیاز تعدادی از گونه‌های چوبی بطور مستقیم تابع عملکرد خطی ET_0 نمی‌باشد (Moore, 2012). در این رویکرد PF یک عامل تنظیم است که در حقیقت به جای K_c در نظر گرفت می‌شود و در ET_0 ضرب می‌شود. با این تفاوت که تأکید بر ظاهر گیاه دارد و نه رشد و عملکرد مطلوب. Pittenger et al. (2008) یک لیست از شرایط آب و هوایی برای گیاهان فضای سبز ارائه کردند. آن‌ها نیاز آبی گیاهان مورد مطالعه را در ۶ منطقه آب و هوایی، مشابه روش wucols طبقه‌بندی کردند. در این تحقیق منطقه مورد مطالعه در طبقه ۳ و ۴ قرار گرفت. Pittenger et al. (2008) پیشنهاد کردند اگر داده‌های اولیه مبتنی بر نیاز آبی گیاهان فضای سبز مورد مطالعه وجود نداشت، پس از اولین آبیاری و همچنین نظارت بر عملکرد و ظاهر گیاهی می‌توان تنظیم عامل گیاهی را از ۰/۵ شروع کرد.

روش آبیاری فضای باز عمومی (IPOS)

معمولاً برای حفظ ظاهر و زیبایی فضای سبز اغلب از گیاهانی استفاده می‌شود که نیاز آبی نسبتاً بالایی دارند و با توجه به محدودیت‌های موجود نمی‌توان در زمان کوتاه این گیاهان را جایگزین گیاهان کم مصرف و مقاوم به خشکی کرد، در این شرایط لازم است برای جلوگیری از اتلاف آب،

ورزشی (محلی) که دارای چمن متوسط هستند عامل تنش ۰/۵ و چمن‌هایی که در مکان‌های تفریحی عمومی هستند دارای عامل تنش ۰/۴ می‌باشند (South Australian Water Corporation, 2008).

بستگی به سطح چمن کشت شده دارد. طبق جدول (۶) بیشترین عامل تنش عدد یک است که مربوط به زمین‌های ورزشی دارای چمن مرغوب است، زمینهای ورزشی که دارای چمن خوب هستند عامل تنش ۰/۶، زمین‌های

جدول ۵- مقادیر Kc در روش IPOS (South Australian Water Corporation, 2008)

نوع چمن	چمن گرمسیری	چمن سردسیری
ضریب گیاهی	۰/۶-۰/۸	۰/۸-۰/۹۵

جدول ۶- مقادیر عامل تنش (Kst) در روش IPOS (South Australian Water Corporation, 2008)

نوع چمن	چمن درجه یک زمین ورزشی	چمن خوب زمین ورزشی	چمن متوسط زمین ورزشی	چمن ضعیف زمین ورزشی
عامل تنش (Kst)	۱	۰/۶	۰/۵	۰/۴

و سایر فضای سبز مشترک می‌باشد، تعداد کل این ضرایب در ۱۰۲ گروه دسته‌بندی شده است. دسته‌بندی مقادیر K_L برای هر ضریب در جدول (۷) ارائه شده است. لازم به ذکر است که برای هر گروه مقدار هر یک از عوامل ضریب فضای سبز با توجه به بازدید میدانی صورت گرفته و با توجه به دامنه پیشنهادی آن در روش برآورد نیاز آبی کالیفرنیا (جدول ۳)، تخمین زده شده است. پس از تعیین مقدار K_L برای هر بوستان و پارک، میزان تبخیر و تعرق برای هر هکتار از فضای سبز از حاصل ضرب ضریب فضای سبز در مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل محدوده مطالعاتی (در اینجا ایستگاه سینوپتیک معرف شمال تهران) به دست آمد. حجم آب مورد نیاز برای هر هکتار نیز با احتساب باران مؤثر و اعمال ضرایب راندمان، کم آبیاری و ضریب کاهش نیاز آبی با توجه به سن درخت محاسبه شد.

محاسبه تبخیر و تعرق

در جدول (۹) تبخیر و تعرق برآورد شده با استفاده از روش wucols بیان گردیده است. نتایج جدول (۹) نشان می‌دهد بیشترین مقدار تبخیر و تعرق برآورد شده با روش wucols در ماه خرداد معادل ۱۰۶/۶۱ میلی‌متر، کمترین مقدار در ماه دی معادل ۱۷/۰۸ میلی‌متر می‌باشد و مقدار کل تبخیر و تغییر سالانه معادل ۷۷۱/۳۳ میلی‌متر برآورد شده است.

نتایج و بحث

روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز (wucols)

تعیین ضریب فضای سبز منطقه یک تهران

همان‌گونه که بیان شد، در برآورد نیاز آب فضای سبز به روش طبقه‌بندی گونه‌های گیاهی فضای سبز (wucols) سه عامل تراکم، عامل گونه و عامل ریز اقلیم مؤثر هستند (جدول ۳ و ۴). ترکیب این عوامل برای فضای سبز محدوده مطالعاتی، سبب پیدایش ۲۷ حالت کلی در برآورد K_L و در نتیجه نیاز آبی فضاهای سبز می‌شود. این ۲۷ حالت در شرایطی است که از مقدار متوسط هر بازه استفاده شود. از آنجایی که انتخاب عدد مناسب هر عامل بسته به شرایط محیطی و نظر کارشناسی دارد، بعد از بررسی‌های صورت گرفته برای جنگل‌کاری‌ها، بوستان‌های محلی، فضای سبز میدان‌ها و حاشیه خیابان‌ها، با توجه به موقعیت آن‌ها در سطح محدوده مطالعاتی و با احتساب همه عوامل مؤثر در تعیین ضریب فضای سبز، تعداد ۶۶ حالت در تعیین ضریب K_L برای بوستان‌های محلی و تعداد ۶۲ حالت از این ضریب برای سایر فضای سبز سطح منطقه متصور شده و در محاسبات با توجه به شرایط هر یک از فضاهای سبز منطقه مورد مطالعه، ضریب K_L مناسب پیشنهاد و بدین ترتیب محاسبات مربوط به حجم آب مورد نیاز انجام شده است. از آنجا که تعدادی از گروه‌های ضرایب فضای سبز در بوستان

جدول ۷- دسته‌بندی مقادیر ضریب فضای سبز (KL) پارک‌های جنگلی و بوستان‌های منطقه مورد مطالعه

K _L	عوامل ضریب فضای سبز			ردیف	K _L	عوامل ضریب فضای سبز			ردیف
	K _{mc}	K _d	K _s			K _{mc}	K _d	K _s	
۰/۷۲	۱/۱۰	۱/۰۰	۰/۶۵	۵۲	۰/۴۸	۱/۲۰	۰/۸۰	۰/۵۰	۱
۷۸	۱/۲۰	۱/۰۰	۰/۶۵	۵۳	۰/۵۲	۱/۳۰	۰/۸۰	۰/۵۰	۲
۰/۸۵	۱/۳۰	۱/۰۰	۰/۶۵	۵۴	۰/۵۶	۱/۴۰	۰/۸۰	۰/۵۰	۳
۰/۷۲	۱/۰۰	۱/۱۰	۰/۶۵	۵۵	۰/۶۰	۱/۲۰	۱/۰۰	۰/۵۰	۴
۰/۷۹	۱/۱۰	۱/۱۰	۰/۶۵	۵۶	۰/۷۸	۱/۳۰	۱/۲۰	۰/۵۰	۵
۰/۸۶	۱/۲۰	۱/۱۰	۰/۶۵	۵۷	۰/۴۸	۱/۱۰	۰/۸۰	۰/۵۵	۶
۰/۶۴	۱/۳۰	۰/۷۰	۰/۷۰	۵۸	۰/۵۳	۱/۲۰	۰/۸۰	۰/۵۵	۷
۰/۶۲	۱/۱۰	۰/۸۰	۰/۷۰	۵۹	۰/۵۷	۱/۳۰	۰/۸۰	۰/۵۵	۸
۰/۶۷	۱/۲۰	۰/۸۰	۰/۷۰	۶۰	۰/۵۰	۱/۰۰	۰/۹۰	۰/۵۵	۹
۰/۶۹	۱/۱۰	۰/۹۰	۰/۷۰	۶۱	۰/۵۴	۱/۱۰	۰/۹۰	۰/۵۵	۱۰
۰/۷۶	۱/۲۰	۰/۹۰	۰/۷۰	۶۲	۰/۵۹	۱/۲۰	۰/۹۰	۰/۵۵	۱۱
۰/۸۲	۱/۳۰	۰/۹۰	۰/۷۰	۶۳	۰/۶۴	۱/۳۰	۰/۹۰	۰/۵۵	۱۲
۰/۸۸	۱/۴۰	۰/۹۰	۰/۷۰	۶۴	۰/۶۹	۱/۴۰	۰/۹۰	۰/۵۵	۱۳
۰/۷۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۷۰	۶۵	۰/۵۵	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۵۵	۱۴
۰/۷۷	۱/۱۰	۱/۰۰	۰/۷۰	۶۶	۰/۶۱	۱/۱۰	۱/۰۰	۰/۵۵	۱۵
۰/۸۴	۱/۲۰	۱/۰۰	۰/۷۰	۶۷	۰/۶۶	۱/۲۰	۱/۰۰	۰/۵۵	۱۶
۰/۹۱	۱/۳۰	۱/۰۰	۰/۷۰	۶۸	۰/۷۲	۱/۳۰	۱/۰۰	۰/۵۵	۱۷
۰/۹۸	۱/۴۰	۱/۰۰	۰/۷۰	۶۹	۰/۷۷	۱/۴۰	۱/۰۰	۰/۵۵	۱۸
۰/۸۵	۱/۱۰	۱/۱۰	۰/۷۰	۷۰	۰/۶۷	۱/۱۰	۱/۱۰	۰/۵۵	۱۹
۰/۹۲	۱/۲۰	۱/۱۰	۰/۷۰	۷۱	۰/۷۳	۱/۲۰	۱/۱۰	۰/۵۵	۲۰
۱/۰۰	۱/۳۰	۱/۱۰	۰/۷۰	۷۲	۰/۷۹	۱/۳۰	۱/۱۰	۰/۵۵	۲۱
۱/۰۸	۱/۴۰	۱/۱۰	۰/۷۰	۷۳	۰/۵۰	۱/۲۰	۰/۷۰	۰/۶۰	۲۲
۰/۸۴	۱/۰۰	۱/۲۰	۰/۷۰	۷۴	۰/۵۳	۱/۱۰	۰/۸۰	۰/۶۰	۲۳
۰/۹۲	۱/۱۰	۱/۲۰	۰/۷۰	۷۵	۰/۵۸	۱/۲۰	۰/۸۰	۰/۶۰	۲۴
۱/۰۱	۱/۲۰	۱/۲۰	۰/۷۰	۷۶	۰/۶۲	۱/۳۰	۰/۸۰	۰/۶۰	۲۵
۰/۶۶	۱/۱۰	۰/۸۰	۰/۷۵	۷۷	۰/۵۹	۱/۱۰	۰/۹۰	۰/۶۰	۲۶
۰/۷۲	۱/۲۰	۰/۸۰	۰/۷۵	۷۸	۰/۶۵	۱/۲۰	۰/۹۰	۰/۶۰	۲۷
۰/۷۸	۱/۳۰	۰/۸۰	۰/۷۵	۷۹	۰/۷۰	۱/۳۰	۰/۹۰	۰/۶۰	۲۸
۰/۶۸	۱/۰۰	۰/۹۰	۰/۷۵	۸۰	۰/۷۶	۱/۴۰	۰/۹۰	۰/۶۰	۲۹
۰/۷۴	۱/۱۰	۰/۹۰	۰/۷۵	۸۱	۰/۶۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۶۰	۳۰
۰/۸۱	۱/۲۰	۰/۹۰	۰/۷۵	۸۲	۰/۶۶	۱/۱۰	۱/۰۰	۰/۶۰	۳۱
۰/۸۸	۱/۳۰	۰/۹۰	۰/۷۵	۸۳	۰/۷۲	۱/۲۰	۱/۰۰	۰/۶۰	۳۲
۰/۹۵	۱/۴۰	۰/۹۰	۰/۷۵	۸۴	۰/۷۸	۱/۳۰	۱/۰۰	۰/۶۰	۳۳
۰/۷۵	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۷۵	۸۵	۰/۸۴	۱/۴۰	۱/۰۰	۰/۶۰	۳۴
۰/۸۳	۱/۱۰	۱/۰۰	۰/۷۵	۸۶	۰/۶۶	۱/۰۰	۱/۱۰	۰/۶۰	۳۵
۰/۹۰	۱/۲۰	۱/۰۰	۰/۷۵	۸۷	۰/۷۳	۱/۱۰	۱/۱۰	۰/۶۰	۳۶
۰/۹۸	۱/۳۰	۱/۰۰	۰/۷۵	۸۸	۰/۷۹	۱/۲۰	۱/۱۰	۰/۶۰	۳۷
۱/۰۵	۱/۴۰	۱/۰۰	۰/۷۵	۸۹	۰/۸۶	۱/۳۰	۱/۱۰	۰/۶۰	۳۸
۰/۹۱	۱/۱۰	۱/۱۰	۰/۷۵	۹۰	۰/۹۲	۱/۴۰	۱/۱۰	۰/۶۰	۳۹
۰/۹۹	۱/۲۰	۱/۱۰	۰/۷۵	۹۱	۰/۷۹	۱/۱۰	۱/۲۰	۰/۶۰	۴۰
۱/۰۷	۱/۳۰	۱/۱۰	۰/۷۵	۹۲	۰/۸۶	۱/۲۰	۱/۲۰	۰/۶۰	۴۱
۰/۹۹	۱/۱۰	۱/۲۰	۰/۷۵	۹۳	۰/۹۴	۱/۳۰	۱/۲۰	۰/۶۰	۴۲
۰/۷۰	۱/۱۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۹۴	۰/۵۲	۱/۰۰	۰/۸۰	۰/۶۵	۴۳
۰/۷۹	۱/۱۰	۰/۹۰	۰/۸۰	۹۵	۰/۵۷	۱/۱۰	۰/۸۰	۰/۶۵	۴۴
۰/۸۶	۱/۲۰	۰/۹۰	۰/۸۰	۹۶	۰/۶۲	۱/۲۰	۰/۸۰	۰/۶۵	۴۵
۰/۹۴	۱/۳۰	۰/۹۰	۰/۸۰	۹۷	۰/۶۸	۱/۳۰	۰/۸۰	۰/۶۵	۴۶
۰/۸۸	۱/۱۰	۱/۰۰	۰/۸۰	۹۸	۰/۵۹	۱/۰۰	۰/۹۰	۰/۶۵	۴۷
۰/۹۶	۱/۲۰	۱/۰۰	۰/۸۰	۹۹	۰/۶۴	۱/۱۰	۰/۹۰	۰/۶۵	۴۸
۱/۰۴	۱/۳۰	۱/۰۰	۰/۸۰	۱۰۰	۰/۷۰	۱/۲۰	۰/۹۰	۰/۶۵	۴۹
۰/۸۸	۱/۰۰	۱/۱۰	۰/۸۰	۱۰۱	۰/۷۶	۱/۳۰	۰/۹۰	۰/۶۵	۵۰
۱/۰۶	۱/۲۰	۱/۱۰	۰/۸۰	۱۰۲	۰/۶۵	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۶۵	۵۱

جدول ۹- مقادیر کمی تبخیر و تعرق گیاهی در ماه‌های مختلف سال با روش wucols

ماه	تبخیر و تعرق (میلی‌متر)	ماه	تبخیر و تعرق (میلی‌متر)
فروردین	۶۰/۱۳	مهر	۶۵/۳۴
اردیبهشت	۸۶/۸۷	آبان	۳۷/۴۵
خرداد	۱۰۶/۶۱	آذر	۲۱/۰۷
تیر	۱۱۴/۸	دی	۱۷/۰۸
مرداد	۱۱۱/۲۳	بهمن	۲۱/۶۳
شهریور	۹۲/۲۶	اسفند	۳۶/۹۶
جمع سالانه	۷۷۱/۳۳		

روش PF

نتایج حاصل از برآورد تبخیر و تعرق گیاهی با استفاده از روش PF در جدول (۱۰) نشان داده شده است که نشان می‌دهد بیشترین مقدار تبخیر و تعرق برآورد شده با روش PF در ماه تیر معادل ۱۶۰/۴۱ میلی‌متر، کمترین مقدار در ماه آذر معادل ۱۳/۴۱ میلی‌متر می‌باشد و مقدار کل تبخیر و تعرق سالانه معادل ۷۸۶/۷۲ میلی‌متر برآورد شده است.

روش IPOS

نتایج حاصل از برآورد تبخیر و تعرق گیاهی با استفاده از روش IPOS در جدول (۱۱) نشان داده شده است. با توجه به موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه، ضریب گیاهی (K_c) چمن سردسیری در محاسبات لحاظ گردید. همچنین به علت کاربرد رفاهی بوستان‌های شهری مورد مطالعه، عامل تنش گیاهی برابر ۰/۴ می‌باشد. نتایج جدول (۱۱) نشان می‌دهد بیشترین مقدار تبخیر و تعرق برآورد شده با روش IPOS در ماه مرداد معادل ۷۲/۴۲ میلی‌متر، کمترین مقدار در ماه آذر معادل ۶/۴۳ میلی‌متر می‌باشد و مقدار کل تبخیر و تعرق سالانه معادل ۳۷۸/۰۸ میلی‌متر برآورد شده است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، نتایج سه روش WUCOLS، PF و IPOS محاسبه نیاز آبی فضای سبز در محدوده منطقه یک شهرداری تهران مورد ارزیابی قرار گرفت. هر سه روش بر مبنای گیاهان فضای سبز شهری طراحی شده‌اند و بر اساس خصوصیات این پوشش گیاهی در محیط شهری محاسبه می‌شوند. مجموع تبخیر و تعرق سالانه در سه روش

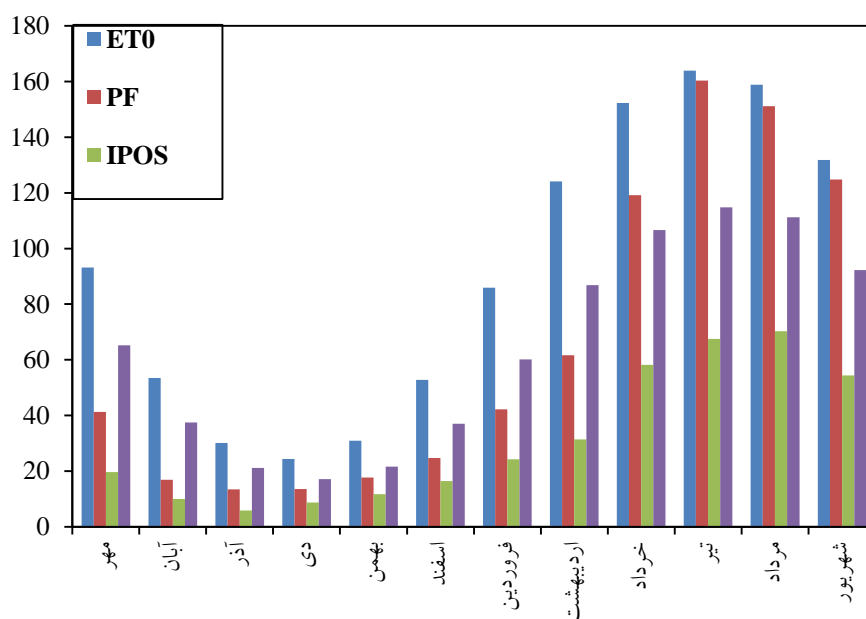
ارزیابی شده به ترتیب ۷۷۱/۳۳، ۷۸۶/۷۲ و ۳۷۸/۰۸ می‌باشد. برآورد در روش IPOS فقط بر اساس نیاز آبی چمن صوت گرفته است و با توجه به اینکه کمترین مقدار تبخیر و تعرق را به خود اختصاص داده است می‌توان نتیجه گرفت که در سطوح فضای سبز با پوشش غالب چمن روشی مناسب‌تر نسبت به سایر روش‌ها برای محاسبه نیاز آبی می‌باشد. روش PF تأکید بر حفظ وضعیت ظاهری گیاه دارد. از آنجایی که منابع آب کشور محدود می‌باشند و لزوم صرفه‌جویی و مدیریت مصرف آب در سال‌های اخیر بخوبی روشن گردیده است، سلامت گیاهان فضای سبز و حفظ شادابی گیاهان در حد معقول در اولویت قرار دارد. لذا با توجه به نتایج بدست آمده روش WUCOLS روشی مناسب‌تر نسبت به سایر روش‌ها برای محاسبه میزان نیاز آبی گیاهان فضای سبز می‌باشد. همچنین نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از تحقیقات Parhami-Poya and Hasanli (2015)، Shojaei et al. (2018)، Symes et al. (2008)، Nouri et al. (2012) و بابائیان و همکاران (۱۳۹۹) همسو می‌باشد.

جدول ۱۰- مقادیر کمی تبخیر و تعرق گیاهی در ماه‌های مختلف سال با روش PF

ماه	تبخیر و تعرق (میلی‌متر)	ماه	تبخیر و تعرق (میلی‌متر)
فروردین	۴۲/۲۳	مهر	۴۱/۳۰
اردیبهشت	۶۱/۶۴	آبان	۱۶/۸۱
خرداد	۱۱۹/۲۰	آذر	۱۳/۴۱
تیر	۱۶۰/۴۱	دی	۱۳/۵۲
مرداد	۱۵۱/۱۲	بهمن	۱۷/۶۱
شهریور	۱۲۴/۸۰	اسفند	۲۴/۶۷
جمع سالانه	۷۸۶/۷۲		

جدول ۱۱- مقادیر کمی تبخیر و تعرق گیاهی در ماه‌های مختلف سال با روش IPOS

ماه	تبخیر و تعرق (میلی‌متر)	ماه	تبخیر و تعرق (میلی‌متر)
فروردین	۲۴/۱۸	مهر	۱۹/۶۷
اردیبهشت	۳۱/۴۲	آبان	۹/۹۷
خرداد	۵۸/۱۶	آذر	۵/۸۷
تیر	۶۷/۵۴	دی	۸/۶۴
مرداد	۷۰/۲۱	بهمن	۱۱/۷۴
شهریور	۵۴/۳۳	اسفند	۱۶/۳۵
جمع سالانه	۳۷۸/۰۸		



شکل ۲- مقایسه نتایج تبخیر و تعرق پتانسیل به روش پنمن - مانیت و تبخیر و تعرق بدست آمده از روش‌های

WUCOLS و IPOS .PF

Angustifolia L. as Urban Green Space.
Volume 13, Issue 6.

- Araya, A., Stroosnijder, L., Girmay, G., & Keesstra, S. D. 2011. Crop coefficient, yield response to water stress and water productivity of teff (*Eragrostis tef* (Zucc.)).

منابع

- Alaei, J. Kouchakzadeh, M. Sharifi, F. (2020). Estimation water requirement and irrigation scheduling of the Tree *Elaeagnus*

- ed. Irrigation systems and practices in challenging environments. InTech, 370 pp.
14. Nouri, H., Beecham, S., Kazemi, F., & Hassanli, A. M. (2012). A review of ET measurement techniques for estimating the water requirements of urban landscape vegetation. *Urban Water Journal*, 10(4), 247-259.
 15. Nouri, H., Beecham, S., Kazemi, F. and Hassanli, A. M., (2013): "Water Requirement of Urban Landscape Plants: A Comparison of Three Factor-based Approaches": *Ecol. Eng.* 57: 276–284.
 16. Nouri, H., Glenn, E. P., Beecham, S., Chavoshi Boroujeni, S., Sutton, P., Alaghmand, S. ... & Nagler, P. (2016). Comparing three approaches of evapotranspiration estimation in mixed urban vegetation: Field-based, remote sensing-based and observational-based methods. *Remote Sensing*, 8(6), 492.
 17. Parhami-Poya, F. Hasanli, A.M. (2015). Estimation of water requirement of green space plants in parks using modern methods Towards sustainable development. International conference on sustainable development, strategies and challenges With a focus on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism, Tabriz, Iran.
 18. Pittenger, D., Henry, M. & Shaw, D. (2008). Water Needs of Landscape Plants. UCRTurfgrass and Landscape Research Field Day, University of California, Riverside.
 19. Poudyal, N. C., Hodges, D. G., and v, C. D. (2009). A hedonic analysis of the demand for and benefits of urban recreation parks. *Land Use policy*, 26 (4): 975-983.
 20. Pourgholam-Amiji, M. Hooshmand, M. Raja, O. Liaghat, A. (2019). Effective Rain Zoning In Khuzestan Province under Autumn Rainfed Wheat Cultivation. *Journal of Water and Irrigation Management*. Volume 9, Issue 2.
 21. Pourgholam-Amiji, M. Liaghat, A. Khoshraresh, M. (2020). Evaluation of AquaCrop Model for Estimating Rice Yield under Alternative Irrigation. *Journal of Irrigation and Water Engineering*. Volume 11, Issue 1 - Serial Number 41.
 22. Rahimi, J. Bazrafshan, J. Rahimi, A. (2020). Study of the Variations of Precipitation's Days under Urban Microclimate in City of Tehran. Volume 43, Issue 77 - Serial Number 675337.
 23. Saeedinia, M. Tarnian, F. Hosseinian, H. Nasrollahi, H.A. (2018). Estimation of the evapotranspiration and crop coefficient of Agricultural water management, 98(5), 775-783
 3. Ansari Ghojghar, M. Babaeian, I. Pourgholam-Amiji, M. Parsi, E. (2020). Calculate the Water Need of Urban Green Space Using the California Method (Case Study: Region 4 of Tehran Municipality). *Journal of Meteorological Organization (NIVAR)*. Volume 44, Issue 110.
 4. Cosgrove, W. J. and Rijsberman, F. R. 2014. *World water vision: making water everybody's business*. Earthscan Publications Ltd, London. 142 pp.
 5. Costello, L. R., Matheny, N. P., Clark, J. R., & Jones, K. S. 2000. *A Guide to Estimating Irrigation Water Needs of Landscape Plantings in California, the Landscape Coefficient Method and Wucols III*. University of California Cooperative Extension, California Department of Water Resources: Berkeley, CA, USA.
 6. Doorenbos, J. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. *FAO irrigation and drainage paper*, 24, 1-179.
 7. Executive Technical System Office, Deputy of Strategic Supervision. (1389). *Urban Green Space Design Criteria*, Journal No. 203 (First revision).
 8. Hamdi-Ahmadabad, Y. Liaghat, A. Rasoulzadeh, A. Ghaderpour, R. (2019). Investigation of in the Capita Water Consumption Variation in Iran Based on the Past Two-Deca Diet. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. Volume 50, Issue 1.
 9. Grattan, S., Bowers, W., Dong, A., Snyder, R., Carroll, J., & George, W. 1998. New crop coefficients estimate water use of vegetables, row crops. *California agriculture*, 52(1), 16-21.
 10. Hansmann, R., Hug, S. M., and Seeland, k. (2007). Restoration and stress relief through physical activities in forests and parks. *Urban Forestry and Urban Greening*, 6(4), 213– 225.
 11. Hassanli, A. M., Ahmadirad, S., & Beecham, S. 2010. Evaluation of the influence of irrigation methods and water quality on sugar beet yield and water use efficiency. *Agricultural Water Management*, 97(2), 357-362.
 12. Kirnak, H., Tas, I., Kaya, C. & Higgs, D. 2002. Effects of deficit irrigation on growth, yield, and fruit quality of eggplant under semi-arid conditions. *Australian Journal of Agricultural Research*, 53, 1367–1373.
 13. Moore, K., 2012. Urban irrigation challenges and conservation. In Lee, T.S.

27. Tyagi, N. K., Sharma, D. K., & Luthra, S. K. (2000). Determination of evapotranspiration and crop coefficients of rice and sunflower with lysimeter. *Agricultural water management*, 45(1), 41-54.
28. Vaghefi, S. A., Keykhai, M., Jahanbakhshi, F., Sheikholeslami, J., Ahmadi, A., Yang, H., & Abbaspour, K. C. (2019). The future of extreme climate in Iran. *Scientific reports*, 9(1), 1-11.
29. Wolf, D., & Lundholm, J. T. (2008). Water uptake in green roof microcosms: effects of plant species and water availability. *Ecological Engineering*, 33(2), 179-186.
- Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) and Cumin (*Cuminum cyminum* L.) in Khorram Abad region. Volume 8, Issue 1.
24. Shojaei, P., Gheysari, M., Nouri, H., Myers, B., & Esmaeili, H. (2018). Water requirements of urban landscape plants in an arid environment: The example of a botanic garden and a forest park. *Ecological engineering*, 123, 43-53.
25. South Australian Water Corporation- Ipos Consulting, (2008). Irrigated public open space: Code of practice. In Water, S. ed. South Australia: IPOS Consulting, 46 pp.
26. Symes, P., Connellan, G., Buss, P., & Dalton, M. (2008). Developing Water Management Strategy for Complex Landscapes. In *Irrigation Australia 2008 Conference, Best Practice Open Space Irrigation Workshop*. Melbourne Exhibition Centre, May (pp. 20-22).