

## طراحی اکولوژیکی با تأکید بر گیاه پالایی در راستای توسعه پایدار

(مطالعه موردی: شهرک صنعتی پرند)

نیما فرزام فر\*<sup>۱</sup>

[nima.farzamfar2@gmail.com](mailto:nima.farzamfar2@gmail.com)

لعبت تقوی<sup>۲</sup>

محسن کافی<sup>۳</sup>

نعمت الله خراسانی<sup>۳</sup>

### چکیده

توسعه و گسترش صنایع و افزایش روز افزون فعالیتهای صنعتی درون شهرها و اطراف آن باعث بروز مشکلات و مسائل زیست محیطی عدیده‌ای گشته و سلامتی انسانها را به خطر انداخته است. علم طراحی محیط می تواند در این میان نقش بسیار مهمی را ایفا نماید، خصوصاً طراحی فضای سبز که از جنبه های مختلف می تواند مورد توجه قرار گیرد. در این راستا ایده‌های جدیدی مطرح شده است که طراحی سایتهای صنعتی با رویکرد گیاه پالایی از آن جمله می باشد.

هدف از تحقیق حاضر آن است که با بررسی و تحلیل مدارک جمع آوری شده کتابخانه‌ای و میدانی بتوان تعریف دقیقی از اصول طراحی اکولوژیک در محیطهای صنعتی با استفاده از خصوصیات پالایشی گیاهان جهت بهسازی محیط و کاهش اثرات مخرب زیست محیطی آلاینده ها ارایه نمود. شهرک صنعتی پرند به عنوان یک مرکز صنعتی در حال توسعه در مجاورت شهر جدید پرند در استان تهران به عنوان مطالعه موردی انتخاب گردید.

به این منظور ابتدا ویژگیهای سیمای شهرک بررسی و سپس با توجه به محلهای استقرار صنایع و در نظر گرفتن اصول طراحی در فضاهای سبز پیرامونی و معابر منطقه، گیاهان پالاینده مناسب مطالعه و معرفی گردید. نهایتاً طرح راهبردی شهرک صنعتی پرند با رعایت اصول طراحی پایدار اکولوژیکی و با هدف ارتقای کیفیت زیست محیطی ارایه شده است.

**کلمات کلیدی:** شهرک صنعتی، طراحی اکولوژیکی، گیاه پالایی، توسعه پایدار، شهرک صنعتی پرند

۱- کارشناس ارشد طراحی محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران\* (مسئول مکاتبات).

۲- استادیار، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

۳- استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

## مقدمه

در آغاز انقلاب صنعتی مکان‌گزینی صنایع بر اساس عوامل طبیعی، محدودیت‌های حمل و نقل و ملاحظات اقتصادی انجام می‌شد، اما با ظهور عوارض منفی توسعه صنعتی همراه با تمرکز امکانات رفاهی و بالا بودن درآمد متوسط در شهرها حرکت یک جانبه مردم از روستاها آغاز و در نتیجه جمعیت شهرها متراکم گردید و به تدریج مسائل و معضلات انسانی و محیطی شهری گسترش یافت. به عبارت دیگر توسعه بی‌رویه شهرهای صنعتی و وابستگی بیش از پیش بشر به تولیدات صنعتی به تدریج کیفیت مطلوب زندگی در شهر را کاهش داد و فهرست جدیدی از پدیده‌های زیانبار محیطی نظیر آلودگی هوا، آب، خاک، تولید پسماندها و سایر آلاینده‌های محیطی را به وجود آورد (۱).

با وجود مصادیق ناپایداری و تهدیدهایی مانند استفاده نامناسب از انرژی، بهره‌برداری و تخریب بی‌رویه منابع پایه، افزایش جمعیت، الگوهای نامعقول تولید و مصرف، افزایش آلودگیها که متأسفانه در کلان‌شهرها به وفور مشاهده می‌شود، برای حفظ شرایط فعلی وارد نمودن رویکرد محیط زیستی به برنامه‌ریزیها و سیاستگذاری کلان‌اداره شهر ضروری است. لذا روش مطلوب برای کاهش اثرات مخرب صنعت بر روی طبیعت بهره‌گیری از دیدگاهی است که نه در پی نفی کامل تکنولوژی است و نه به دنبال کنار گذاشتن طبیعت بلکه از یک طرف می‌کوشد تا آثار سوء رشد صنعتی بر محیط زیست را کاهش داده و از طرف دیگر با استفاده از تکنولوژی و فن‌آوریهای نو، آلودگیها و تخریبهای ایجاد شده توسط صنایع را از بین برده و یا تعدیل سازد.

سه دیدگاه عمده درباره رابطه صنعت و تکنولوژی با طبیعت به شرح زیر می‌باشد:

**دیدگاههای رمانتیک:** در این دیدگاه تکنولوژی و صنعت عامل تخریب طبیعت تلقی می‌گردد، بنابراین برای حفظ محیط زیست باید مانع رشد صنعت و تکنولوژی شد.

**دیدگاههای تکنوکراتیک:** در این دیدگاه تکنولوژی و صنعت آثار سوء بر محیط زیست دارند و می‌توان با کمک تکنولوژی این اثرات را کاهش داده و یا از بین برد.

**دیدگاههای تکنوکراتیک رادیکال:** در این دیدگاه تکنولوژی و صنعت می‌توانند بشر را به جایی برسانند که بی‌نیاز از طبیعت باشد.

در میان سه دیدگاه فوق دیدگاه اول و سوم طرفداران چندانی ندارند ولی دیدگاه دوم هم نزد افکار عمومی و هم متخصصان، دارای طرفداران بیشتری است (۲).

با توجه به مطالب ارایه شده شایان ذکر است که طراحی پایدار محیطی، یکی از راههای کمک به تحقق توسعه پایدار می‌باشد که در ارتباط با الگوهای ساخت و طراحی در زمینه‌های گوناگون زندگی بشری با توجه ویژه به حساسیتهای محیطی و اکولوژیکی تعریف شده است. اساس همه این الگوها بر ساختن محیط در یک رابطه هماهنگ و همزیست با محیط زیست می‌باشد (۳).

در واقع احداث شهرکهای صنعتی با هدف تمرکز صنایع در محوطه‌های خاص، بهبود شرایط کار، نظارت بیشتر بر کالاها و خدمات تولیدی می‌باشد که در کلیه این فضاها، نیاز مبرم به فضاهای سبز، طراحی و اجرای آن به صورت سازگار و هماهنگ با محیط اطراف، در راستای کاهش آلودگی و ارتقای کیفیت زیست محیطی، امری ضروری و در راستای توسعه پایدار است. ایده استفاده از فضاهای سبز و محوطه‌سازی با استفاده از گیاهان با توجه به داشتن خصوصیات پالایشی و تقلیل آلاینده‌ها علاوه بر ایجاد کیفیت بصری می‌تواند در بهسازی و طراحی محوطه‌های کارخانه‌های صنایع به کار گرفته شود. بررسیهای انجام شده نشان می‌دهد که با وجود کوششهای به عمل آمده در خصوص طراحی اکولوژیکی محیطهای صنعتی، در ایران هیچ‌گونه تجربه طراحی در این محیطها با تأکید ویژه و خاص بر روی گیاه پالایی و استفاده کاربردی گیاهان در طراحی با توجه به ویژگی خاص آنان در پالایش محیطهای

صنعتی پرند، منابع مستدل از جمله نقشه، عکسهای هوایی و طرحهای فرادست بررسی و صنایع فعال در این شهرک صنعتی و نوع آلاینده‌های آن شناسایی شدند، به منظور تکمیل این اطلاعات، شناخت وضع موجود (محیطی، کالبدی، دید و منظر، بیولوژیکی و فرهنگی) از طریق مشاهده و عکس برداری صورت گرفت و در انتها با رعایت اصول و ضوابط حاکم بر طراحی محیطهای صنعتی، طرح راهبردی این منطقه با رویکرد گیاه پالایی ارائه گردید.

#### مبانی نظری تحقیق

**شهرکهای اکولوژیک صنعتی:** برای بیان تعریف دقیقی از شهرکهای اکولوژیک صنعتی، ابتدا شناخت پارامترهایی که در ارتباط با مفهوم اکوسیستمهای صنعتی می باشد و ارتباط آنها با مفهوم شهرکهای صنعتی ضروری است.

**شهرک صنعتی:** منطقه‌ای است که به منظور توسعه صنعتی و متمرکز شدن تولیدات صنعتی در نظر گرفته شده است و هدف از ایجاد آن، توسعه صنعتی در خارج از مناطق شهری است تا تأثیرات منفی بار صنعتی بر ساکنان شهری را به حداقل رسانده، آلایندگی را کم کرده و با دسترسی آسان به مسیر حمل و نقل، کمترین بار ترافیکی را در مناطق شهرنشین به بار آورد (۷).

**اکولوژی صنعتی:** اکولوژی صنعتی مطالعه مواد و انرژی درون سیستمهای صنعتی است و به دنبال شناسایی کیفیت مواد و فعالیتهای صنعتی است که در یک جامعه مدرن می تواند نقش ایفا کند و به عنوان یک سیستم پایه به دنبال کشف مجموع رفتارهای متقابل سیستمهای طبیعی و انسانی می باشد. همچنین گویای آن است که طراحی پایدار چگونه می تواند موجب جلوگیری از تخریب سیستمهای طبیعی گردد. در واقع اکولوژی صنعتی یک سیستم شکل گرفته در چارچوب مدیریت فعالیتهای بشری می باشد که بر پایه های ذیل استوار شده است (۸):

- به حداقل رساندن بهره‌وری از انرژی و مواد
- بیمه کردن کیفیت قابل قبول برای زندگی بشری
- به حداقل رساندن تأثیرات اکولوژیکی فعالیتهای بشری بر روی سیستمهای طبیعی

صنعتی صورت نگرفته است، اگرچه خاصیت پالایندگی انواع گیاهان در مطالعات گذشته به خوبی ثبت شده است.

تمراتاش و همکاران در سال ۱۳۸۸ تحقیقی با عنوان مروری بر گونه‌های گیاهی آبی‌زی جاذب عناصر سنگین در اکوسیستمهای آبی شمال ایران انجام داده اند. نتایج تحقیق حاکی از آن بود که گونه‌های گیاهی قابلیتهای متفاوتی در جذب عناصر از خود نشان می‌دهند به طوری که تیره گندمیان دارای بیشترین فراوانی گونه‌ای بوده و ریشه نسبت به ساقه و برگ، سهم بیشتری را به عنوان اندام جذب کننده به خود اختصاص داده است. همچنین از بین عناصر جذب شده، روی با ۱۳/۹۷ درصد، بیشترین فراوانی جذب را توسط گونه‌های مورد مطالعه داشته و مکانیسم فیتواکستراکشن (Phytoextraction) فرآیند غالب جذب بوده است (۴).

Zhang و همکارانش در چین در ارتباط با جذب آلاینده‌ها از آبهای آلوده توسط دو گیاه *Elsholtzia argi* - *Elsholtzia splendens* مطالعاتی انجام داده‌اند و قدرت پالایندگی آنها را بررسی نموده اند (۵).

سرمدی و همکاران ۱۳۹۰، قابلیت دو وارینه گیاه شیرین بیان را در امر پاک سازی محیط از آلودگی به کادمیوم و فرآیند گیاه پالایی مورد بررسی قرار دادند (۶).

لذا با توجه به اهمیت و نقش گیاهان در کاهش انواع آلودگیهای زیست‌محیطی در هوا، آب و خاک، هدف اصلی پژوهش حاضر، ارائه اصول طراحی محیطهای صنعتی با استفاده از جنبه‌های کاربردی گونه‌های گیاهی مناسب جهت بهسازی محیط، ایجاد کریدورهای بصری مطلوب و کاهش اثرات مخرب زیست محیطی در شهرک صنعتی پرند می باشد.

#### روش تحقیق

روش تحقیق در مطالعه حاضر شامل جمع آوری اطلاعات و تحلیل اطلاعات بوده که به صورت کتابخانه ای و میدانی انجام گرفته است. در مرحله نخست تحلیل پایه ای از متون، مقالات و منابع اینترنتی برای تدوین تعریف دقیق از شهرکهای اکولوژیک صنعتی، اصول و طراحی منظر آنها صورت گرفته است. سپس به منظور شناسایی ویژگیهای شهرک

○ حفاظت و بهبود سلامت اکوسیستم و حفظ تنوع زیستی

○ حفظ بقای اقتصادی سیستمها در راستای صنعت، تجارت و بازرگانی

**اکوسیستم صنعتی:** در اکولوژی صنعتی می توان سیستمهای صنعتی را به صورت اکوسیستمی، برنامه ریزی و طراحی نمود. به این منظور از سال ۱۹۸۹ سیستمهای جدید با رویکرد اکوسیستمی جایگزین سیستمهای سنتی در صنعت گردید. در مدل سنتی فرآورده‌ها از مواد خام تولید شده و ضایعات آن دفع می شوند ولی در مدل سازی اکوسیستمی یا یک پارچه مصرف انرژی و مواد اولیه بهینه سازی شده و تولید ضایعات به حداقل ممکن می رسد چرا که این ضایعات به عنوان مواد اولیه مجددا وارد چرخه اکوسیستمی می‌شوند(۹).

**شهرک اکولوژیکی - صنعتی:** بنا به تعاریف بالا می توان شهرکهای اکولوژیکی - صنعتی را جامعه‌ای دانست مشتمل بر واحدهای صنعتی مشخص و معینی که کارهای خدماتی و تولیدی خاصی در آن انجام می‌گیرد و همه آنها از داراییهای مشترک بهره می‌برند. اما تفاوت آن با دیگر شکل‌های جامعه صنعتی در این است که در این شهرکهای اکولوژیکی فعالیتهای واحدها پیوسته به دنبال عملکرد هرچه بهتر زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی می‌باشد و سعی بر این است که از طریق مشارکت در مدیریت محیط و منابع، هر چه بهتر به این اهداف دست یابند. در این جامعه صنعتی واحد های گوناگون به واسطه مشارکت با یکدیگر در فعالیتهای خود به دنبال سودی مشترک بوده که بیشتر از مجموع سودهای شخصی هر شرکت، در صورت فعالیت انفرادی می باشد.

**ارتقای عملکرد زیست محیطی با رویکرد اکولوژیکی پایدار:** با توجه به مفهوم توسعه پایدار «مدیریت روابط سیستمهای انسانی و اکوسیستمها به منظور استفاده پایدار از منابع در جهت تأمین رفاه حال و آینده انسانها و اکوسیستمها» امری ضروری می باشد(۱۰).

از آن جایی که با ایجاد و توسعه شهرکهای صنعتی، این گونه محیطها از حالت پراکنده و گسسته به نقاط متمرکز

تبدیل گردیدند، برنامه ریزی پایدار این گونه شهرکها در جهت ارتقای زیست محیطی آنها ممکن تر شده است و طراحی و استفاده از گیاهان سبز می تواند نقش مهمی در ارتقای شاخصهای پایداری زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی در این گونه مناطق داشته باشد.

در تمامی منابع طبیعی حتی آنهایی که دست نخورده یا بکر تلقی می‌شوند مقداری ناخالصی یا آلودگی وجود دارد. عمدتاً برای محیط زیست این ناخالصیها مضر می باشد و شایان ذکر است که در اکثر مواقع کمیت آلودگی نسبت به کیفیت آن از اهمیت بیشتری برخوردار می باشد. بنابراین قبل از هر تصمیم گیری و یا برنامه ریزی می بایست ابتدا حد آلودگی محیط مشخص و به دنبال آن می توان با ارایه راهکارهایی جهت ارتقای عملکرد زیست محیطی به منظور ایجاد منظر اکولوژیکی پایدار اقدام نمود(۱۱).

در اکولوژی منظر حفظ اکوسیستمهای طبیعی در اولویت قرار می‌گیرد و یک اکوسیستم صنعتی می تواند گسستگی بین صنعت و اکوسیستم طبیعی را بهبود بخشد، از این رو به منظور برقراری پیوندهای قوی تر و مستحکم تر میان اکوسیستمهای طبیعی و صنعتی می توان از پهنه‌های حفاظتی سبز به عنوان راهکاری در جهت تحقق این هدف نام برد.

**پهنه های سبز در مناطق صنعتی:** ایجاد حس وحدت در محیطهای صنعتی یکی از راهبردهای حاکم در طراحی فضای سبز است که طراحان منظر از طریق عناصر طبیعی نظیر کوههای اطراف منطقه، استفاده از چرخه آب و یا کمربندهای سبز جنگلی به ایجاد وحدت در سایتهای صنعتی می‌پردازند و یا بر عکس به واسطه ازدحام کارگاههای کوچک و بزرگ، از فضاهای سبز و گونه‌های گیاهی جهت پوشاندن منظر صنعتی، متناسب با شرایط و کاراکتر منطقه استفاده می‌کنند که این رویکرد نیز به ایجاد وحدت در محیطهای صنعتی می‌انجامد(۱۲).

فضاهای سبز در مناطق صنعتی به بخشهای گوناگونی تقسیم می گردند(جدول ۱). در این بخش نمونه‌ای از شرایط و ضوابط تقسیمات انواع فضاهای سبز و درصد تخصیص داده شده

جهت حفظ اکوسیستم منطقه و جلوگیری از تخریب فضای سبز مورد توجه قرار می‌گیرد که تأمین نیازهای اکولوژیکی و بیولوژیکی کارکنان نظیر ایجاد محیطی مطلوب برای رسیدن به آرامش، تأمین می‌شود.

✓ **نیازهای عملکردی:** فضای سبز در محیطهای صنعتی عملکردهای متفاوتی نظیر امکانات ورزشی، فضاهای خدماتی، گذران اوقات فراغت و غیره را با توجه به نیاز محوطه ایجاد می‌نماید. اگر چه فضای سبز علاوه بر ایجاد فضاهای عملکردی در تأمین سایه، محصور کردن فضا، کاهش شدت باد، تابش نور و غیره تأثیر بسزایی دارد.

✓ **نیازهای زیبایی شناسی:** در یک منطقه صنعتی، ابنیه معابر به شکل خاصی در کنار یکدیگر قرار گرفته و بافت سخت و بی‌رویی را ایجاد می‌کنند در حالی که ورود و توسعه بافت نرم پوشش گیاهی در این محوطه‌ها در بهبود کیفی منظر، ایجاد طراوت، محوطه سازی و تعدیل بافت سخت فضاها در جهت هماهنگی به محیط طبیعی و منظر شهری نقش بسزایی را ایفا می‌کند (۱۱).

به آن در سایتهای صنعتی و ملاحظات طراحی آن مشخص شده است. شایان ذکر است که در مطالعه حاضر جهت طراحی شهرک صنعتی پرنده نیز تا حدودی از درصدهای تخصیص داده شده نیز پیروی شده است.

تقسیم بندی فضاهای سبز مناطق صنعتی:

- فضای سبز معابر
- فضای سبز پیرامونی
  - کمربند سبز
  - دیواره سبز
- پارکها و فضاهای سبز تجهیز شده
- فضاهای سبز جنگلی

کارکردهای فضاهای سبز مذکور در مناطق صنعتی خود به چند دسته تقسیم می‌شود که هر کدام بخشی از نیازهای مطرح شده در زیر را بر طرف می‌سازند:

✓ **نیازهای اکولوژیکی و بیولوژیکی:** از جنبه های اکولوژیکی به منظور ایجاد تدابیر و راهکارهایی برای کاهش شرایط نامساعد زیست محیطی و کاهش انواع آلودگیها در

جدول ۱- تقسیم بندی فضاهای سبز مناطق صنعتی (۱۳)

ملاحظات	درصد کل نسبت به سطح منطقه	درصد نسبت به سطح فضای سبز	نوع فضای سبز
پوشش گیاهی مناسب از نظر حجم، فرم، رنگ و کم توقع از نظر نیازها	۰/۵	۵	فضای سبز معابر
پوشش درختی متراکم یا درختچه در حاشیه و کم توقع از نظر نیازها	۱	۱۰	پیرامونی
پوشش درختی متراکم مناسب از نظر فرم و کم توقع	۰/۵	۵	دیواره سبز بین صنایع
کاملاً تجهیز شده با پوشش گیاهی متنوع	۰/۵	۵	پارک های تجهیز شده
استفاده از گونه های گیاهی مقاوم و سازگار با حداقل امکانات	۴	۴۰	فضای سبز داخل قطعات صنعتی
گونه های گیاهی کاملاً منطبق با شرایط منطقه و حداقل نیازها	۳/۵	۳۵	فضای سبز جنگلی
مجموع فضای سبز	۱۰	۱۰۰	جمع

## مفهوم گیاه پالایی

- واژه گیاه پالایی توسط Reskin در ۱۹۹۱ در سخنرانی مرتبط با روشهای کاهش آلودگی در محیط زیست مطرح گردید. این واژه توسط Cunningham & Berti در سال ۱۹۹۳ نیز بیان شد. تعریف دقیقتری از این واژه در سال ۱۹۹۵ توسط Schnoor بیان گردید.
- گیاه پالایی (Phytoremediation) شامل پیشوند یونانی Phyto به معنی گیاه و ریشه لاتین Remedium به معنی اصلاح یا حذف یک عامل مزاحم و خارجی می باشد. این تکنیک به یک سری از تکنولوژیهای با استفاده از گیاهان برای پالایش آلودگی زیست محیطی آلی و غیر آلی خاک، آب و هوا بر می گردد (۱۴). گیاه پالایی یک روش در محل است که فاقد هرگونه اثرات تخریبی برای محیط زیست بوده و بسیار کم هزینه است (۱۵).
- گیاه پالایی روش های متفاوتی را در بر می گیرد که برای تخریب آلاینده ها، جذب (از طریق تجمع یا چسبندگی) و متوقف نمودن حرکت آلاینده ها به کار می رود. در ذیل به برخی روشهای مطرح در زمینه گیاه پالایی اشاره شده است (۱۶ و ۱۷):
- تخریب (Degradation) برای تجزیه یا تغییر مواد آلی
  - تخریب توسط ریشه (Rhizodegradation): ارتقای تخریب زیستی در ناحیه ریشه های گیاهان در زیر زمین به وسیله میکروارگانیسمها
  - تخریب گیاهی (Phytodegradation): متابولیسم و جذب آلاینده ها بالا یا زیر زمین، درون ریشه، ساقه یا برگها
- تجمع برای محدود نمودن یا جذب آلاینده های فلزی و یا آلی
  - استخراج گیاهی (Phytoextraction): جذب آلاینده ها و تجمع برای جداسازی فیلتراسیون ریشه ای (Rhizofiltration): جذب سطحی آلاینده ها بر روی ریشه ها به منظور پراکنده سازی و یا جدا سازی پراکنده سازی (Dissipation) برای جداسازی و انتشار آلاینده های آلی و یا غیر آلی به اتمسفر
  - تبخیر گیاهی (Phytovolatilization): جذب آلاینده ها به وسیله گیاه و آزاد شدن یک آلودگی قابل تبخیر.
- متوقف سازی (Immobilization) برای محدود نمودن آلودگیهای آلی و یا غیر آلی
  - پایدار سازی گیاهی (Phytostabilization): متوقف کردن آلودگی در خاک
- کنترل هیدرولیکی
  - استفاده از گیاهان برای تأثیر در حرکت آبهای زیرزمینی و آب موجود در خاک از طریق جذب و مصرف حجم زیادی از آب است. جذب گیاهی آب و نرخ تبخیر و تعرق برای کنترل هیدرولیکی و پالایش آبهای زیرزمینی دارای اهمیت است.

جدول ۲- برخی گیاهان مؤثر بر آلودگی، واسطه انتقال آنها و روش گیاه پالایی مؤثر (۱۸)

نوع آلودگی	واسطه انتقال	نوع گیاه													
		یونجه Alfalfa	قدومه (آلیسوم) Alyssum	دار تالاب Bald cypress	درخت اقاچیا Black locust	صنوبر شرقی Cottonwood	علفیان Grasses	صنوبر دورگه Hybrid poplars	خردل هندی Indian mustard	Pennycress	توت سرخ Red mulberry	سنگ خزه Stonewort	آفتابگردان Sunflower	سنبل آبی Water hyacinth	درخت پید Willow
آبی	خاک			PD RD ▲			RD ▲	PD RD ▲			RD ▲	PD ▲			PD RD ▲
	رسوب			PD RD ▲			RD ▲	PD RD ▲			RD ▲	PD ▲			PD RD ▲
	آب زیرزمینی			PD ▲		HC ▲		HC PD ▲				PD ▲			HC PD ▲
معدنی	خاک	PV ▲	PE ▲		PV ▲		PS ▲	PE PS PV ▲	PE PS PV ▲	PE ▲			PE ▲		
	رسوب	PV ▲	PE ▲		PV ▲		PS ▲	PE PS PV ▲	PE PS PV ▲	PE ▲			PE ▲		
	آب زیرزمینی					HC ▲		HC ▲	RF ▲				RF ▲	RF ▲	HC ▲

PS پایدارسازی گیاهی  
 ▲ گیاهان مؤثر بر آلودگی و  
 واسطه انتقال آنها

PE استخراج گیاهی  
 RF فیلتراسیون ریشه ای

PD تجزیه نوری  
 RD تجزیه ریشه ای

HC کنترل هیدرولیکی  
 PV تبخیر گیاهی

زدن، کود دادن و...) باعث ایجاد شرایط مناسب برای رشد و استقرار گیاه و افزایش فعالیتهای طبیعی پاک سازی می شود. بزرگترین مزیت این روش نسبت به سایر روشها، ارزان بودن و سادگی آن است. در این روش، انتخاب گیاه مناسب از اهمیت ویژه ای برخوردار است که به شرایط اقلیمی منطقه، نوع و میزان آلودگی خاک بستگی دارد (۱۹).

کاربرد مفهوم گیاه پالایی در محیط صنعتی: گیاه پالایی یا Phytoremediation تکنیک پالایشی است که شامل جذب، تغییر شکل، تجمع و یا تصعید آلاینده ها با کمک گیاهان برای زدودن آلودگیهای آب، خاک و هوا می باشد. در این روش از گیاهان و میکروارگانیسمهای همراه آنها جهت پاک سازی محیطهای آلوده بهره می گیرند. در حقیقت گیاه پالایی با استفاده از دخالتهای انسانی از جمله فن آوری کشاورزی (شخم

## ویژگی گیاهان مورد استفاده در گیاه پالایی:

- اشکال مختلف گیاه پالایی جهت تأثیر مطلوب نیاز به خصوصیات عمومی متفاوتی دارد، به طور مثال در تصفیه ریشه‌ای و تثبیت گیاهی، توانایی جذب فلزات، عدم انتقال فلزات از ریشه‌ها به اندام هوایی و رشد سریع ریشه‌ها نیز وجود دارد. برای استخراج گیاهی، گیاهانی را می‌بایست انتخاب نمود که غلظت بالای فلزات سمی در اندامهای هوایی و برگها را تحمل کنند و پس از انتقال، در خود جمع نماید. همچنین گیاه باید دارای خاصیت رشد سریع و توانایی تولید بیومس فراوان را داشته باشد. برای تجزیه ریشه‌ای، گیاه باید آنزیمهای مناسب و مواد دیگری را که موجب افزایش تجزیه زیستی می‌شوند را از خود آزاد کند، همچنین باید دارای عمق مناسب، مقدار و حجم زیاد ریشه باشد. فرآیند تبخیر گیاهی نیاز به گیاهانی دارد که مواد آلاینده را جذب و بدون تولید ترکیبات سمی آن را متابولیزه نماید. در فرآیند تبخیر گیاهی گیاه باید مواد آلاینده را جذب کند و آن را به بخار با سمیت کمتر تبدیل کند.
- گیاهان خشکی به علت دارا بودن سیستم ریشه ای وسیعتر، مؤثرتر از گیاهان آبی می باشند. درختان تبریزی دارای رشد سریع (رشد برخی گونه ها تا سه متر در سال) و توزیع جغرافیایی وسیعی هستند که توانایی زیادی در جذب و تجزیه مواد آلوده کننده دارند.
- همچنین حصارهای طبیعی بین مناطق صنعتی و مسکونی، میزان آلودگی را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می دهد. به طور کلی برای کاشت موفق گیاهان در مناطق آلوده باید نکات زیر را در نظر داشت:
- موقعیت مکان کاشت نسبت به منبع آلودگی که بر میزان تأثیر پذیری از مواد آلاینده اثر دارد
- تعیین منحنی های تراز زمین مورد نظر، بالابردن سطح زهکشی و به حداقل رساندن فرسایش
- کاهش آلودگی خاک با وارد کردن خاک سطحی عاری از آلودگی
- استفاده از مواد آلی مانند کود حیوانی، پیت و ... برای حاصل خیزی خاک
- انتخاب دقیق گونه‌های گیاهی، به خصوص کاشت متراکم گیاهان نیمه حساس
- مبارزه با علفهای هرز در دوران اولیه رشد گیاهان حصارهای طبیعی درختی و درختچه‌ای با عمق اپتیمم ۳۰ متر در اطراف مناطق صنعتی، کارخانه ها، اتوبانها و ... می‌تواند کاملاً جلوی گرد و غبار را بگیرد و به مقدار قابل ملاحظه‌ای از غلظت آلوده کننده‌ها بکاهد.
- برای ایجاد چشم اندازهای زیبا از گیاهان پالاینده محیط می‌توان آنها را در چندین دسته تقسیم بندی نمود که در جدول شماره ۳ ارایه می گردد.



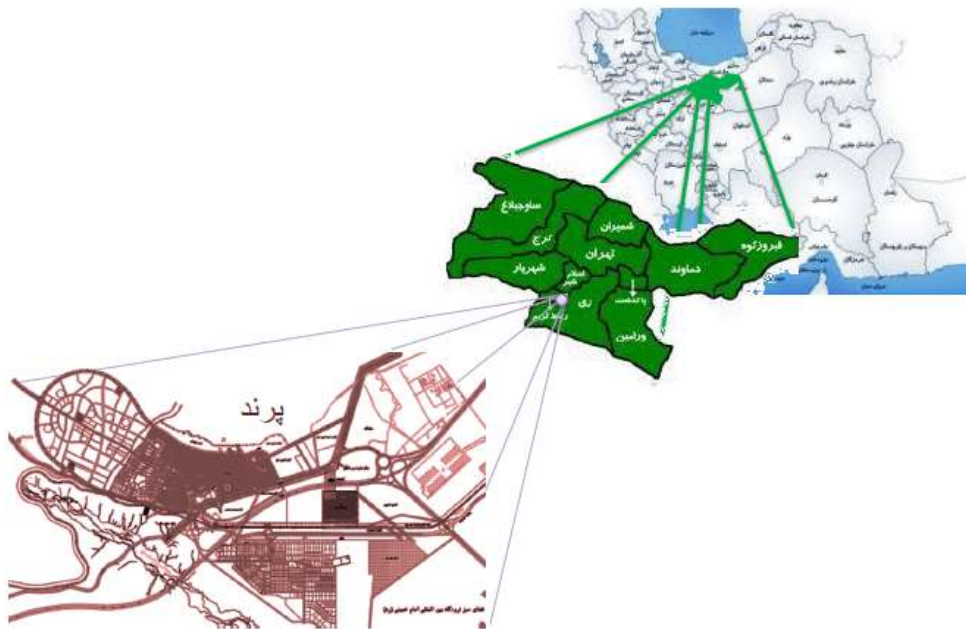
جدول ۳- تقسیم بندی گیاهان زینتی پالاینده محیط (۲۱، ۲۰۲۰)

ردیف	نام لاتین	نام فارسی	آلاینده جذب شده	اندام جذب کننده	عنوان گیاه
۱	Salix exelsa	بید	Cd,Zn,Pb	ریشه، ساقه، برگها	گیاهان سایه انداز
۲	Salix alba	بید	Zn, Pb,Cd	ریشه، ساقه، برگها	
۳	Salix babylonica	بید	Zn, Pb,Cd	ریشه، ساقه، برگها	
۴	Salix elbursensis	بید	Cd, Zn ,Pb	ریشه، ساقه، برگها	
۵	Eucalyptus kruseana	اکالیپتوس	Zn, Cd	ریشه، ساقه، برگها	
۶	EucalyptusCamaldulensis	اکالیپتوس	As,Cr,Hg,Ni,Cu Co,Cd,Pb,Zn	ریشه، ساقه، برگها	
۷	Quercus ilex	بلوط	Hg, Ni	ریشه، ساقه، برگها	
۸	Robinia pseudocacia	اقاقیا	Cd,Cu,Pb,Zn,As	برگها	
۹	Quercus infectoria	بلوط	U,Cu,Cs,Cr,Ni , Pb	برگها	
۱۰	Juglans regia	گردوی ایرانی	Fe,Mn,Mo,Zn,Cu ,Mg,Co,Se,Ta	برگها	
۱۱	Acacia sp.	آکاسیا	ازن		
۱۲	Phoenix dactylifera	نخل	پان		
۱۳	Ailanthus altissima	عرعر	فلوراید، دود و دوده		
۱۴	Catalpa bignonioides	کاتالپا	دود و دوده		
۱۵	Fraxinus Americana	زبان گنجشک	دود و دوده		
۱۶	Liriodendron tulipifera	درخت لاله	ازن		
۱۷	Tilia American	نمدار	فلورایدازن		
۱۸	Ulmus Americana	نارون آمریکایی	فلوراید		
۱۹	Gleditsia triacanthos	لیکی	دود، دوده		
۲۰	Populus caspica	صنوبر	Se	ریشه، برگها	گیاهان با خزان زیبا
۲۱	Populus nigra	صنوبر	Se	ریشه، برگها	
۲۲	Populus alba	صنوبر	Se	ریشه	
۲۳	Acer sp.	افرا	دی اکسید گوگرد، اسید کلریدریک		
۲۴	Chamaecyparis sp.	شبه سرو	دود و دوده، نیتريت		گیاهان با فرم زینتی
۲۵	Viola calaminaria	بنفشه زرد	سرب، روی		گلها و گیاهان علفی زینتی
۲۶	Canna generalis	اختر	سرب		
۲۷	Brassica juncea	کلم زینتی	سرب		
۲۸	Helianthus Annus L.	آفتابگردان	راديوآکتیو، فلزات، استرانسیوم ۹۰، سزیم ۱۳		
۲۹	Pelargonium SP.	شمعدانی معطر	فلزات، هیدروکربن، نیکل، کادمیوم و سرب		
۳۰	Alyssum lebiacum	الیسوم	نیکل		
۳۱	Cynodon dactylon	چمن آفریقایی	کادمیوم		
۳۲	Paspalum vaginatum	پاسپالوم	کادمیوم		
۳۳	Silene vulgaris	سیلین	مس، کادمیوم و روی		
۳۴	Festuca arundinaceae	فستوکا	هیدروکربن نفتی		
۳۵	vulgarism Syringa	یاس بنفش	دی اکسید گوگرد		گل
۳۶	Cornus alba	کورنوس	Cu,Zn,Pb,Cd	ریشه، ساقه، برگها	درختچه ها
۳۷	Juniperu communiss	ژونیپروس	Cr,Mn,Ni,Cu	ریشه، ساقه، برگها	
۳۸	oleander Nerium	خرزهره	سرب		
۳۹	Eunymus alatus	شمشاد رسمی	ازن		
۴۰	Albizzia Julibrissin	شب خسب	Ca,Cu,Cr,Fe,K Mg Mn	ریشه، برگها	درختان رنگی
۴۱	negundo Acer	افرا	Cu	ریشه، ساقه، برگها	
۴۲	Abies sp.	نراد	اسید کلریدریک		

## یافته ها

ناحیه صنعتی شهر جدید پرند با ۳۵۰ هکتار و امکانات زیر بنایی با ویژگیهای یک منطقه صنعتی جدید در جنوب این بخش مکان یابی شده است. همجواری این ناحیه با فرودگاه بین المللی امام(ره) و نمایشگاه اکسپو می تواند نقش بسزایی در فعالیتهای صنعتی- تجاری و بازرگانی منطقه ایفا نماید. مختصات جغرافیایی شهرک ۳۵ درجه و ۲۶ دقیقه و ۵۸ ثانیه شمالی و ۵۰ درجه و ۵۹ دقیقه و ۴۶ ثانیه شرقی می باشد.

شهرک صنعتی پرند: منطقه پرند، بخشی از اراضی جنوب غربی شهر تهران می باشد که در حد فاصل میان تهران و شهر رباط کریم و در اراضی پیرامونی محور ارتباطی ساوه قرار گرفته است. این اراضی از شمال به ارتفاعات تخت رستم و از جنوب به رودخانه شور که از جمله عوامل مهم طبیعی شمالی و جنوبی محسوب می شوند، محدود می گردد. اراضی مورد مطالعه از شرق به محدوده ورودی شهر جدید پرند و از غرب به زمینهایی که احتمالاً در توسعه آتی پرند نقش دارند محدود می گردد.



شکل ۱- موقعیت شهرک صنعتی پرند در استان تهران (۱۱)

کالبدی، منابع بیولوژیکی، فرهنگی و اجتماعی و نوع آلاینده ها، با استفاده از گزارشهای بازدید میدانی و نقشه های مربوط به هر یک از موارد ذکر شده، جمع آوری گردید. در جدول ۴ مشخصات شهرک صنعتی پرند به تفصیل شرح داده شده است.

لذا طراحی فضای سبز منطقه با رویکرد گیاه پالایی می تواند در کاهش آلودگیهای احتمالی این منطقه صنعتی نقش بسزایی داشته باشد. مطالعات پایه ای در زمینه مشخصات فیزیکی، زمین شناسی و خاک شناسی، هیدرولوژی، مشخصات

جدول ۴- مشخصات شهرک صنعتی پرند (۲۳)

کاربری	مساحت
موقعیت شهرک	۴۵ کیلومتری جنوب غرب تهران
مساحت زمین شهرک	۳۵۸ هکتار
مساحت فضای سبز	۴۱/۵ هکتار و ۲۰ هکتار ضلع شمالی شهر
مساحت زمین صنعتی	۲۶۰ هکتار
مساحت زمین صنعتی واگذار شده	۲۵۸/۱ هکتار
مساحت زمین صنعتی واگذار نشده	۱/۶۶ هکتار
مساحت زمینهای خدماتی	۳/۵ هکتار
مساحت زمینهای کارگاهی	۸/۵ هکتار
مساحت زمینهای صنعتی آماده نشده	۱۲ هکتار

وارد اکوسیستمهای آبی می شوند، باعث آلودگی آب و مرگ آبزیان می گردد. تخلیه پسابهای صنعتی در آنها، می تواند آلودگیهای زیر را تولید نماید(۲۴):

- اسیدیته آب را بالا ببرد.
- باعث قلیایی شدن آب گردد.
- غلظت مواد محلول در آب را زیاد کند.
- چربی و روغن، داخل آب نماید.
- افزایش فلزات سنگینی که اکثرا در غلظتهای بسیار کم سبب مسمومیت می شوند.
- گازی سمی و بدبو را داخل آب کند.
- مواد معلق و مواد رنگی آب را افزایش دهد.
- باعث ورود مواد رادیواکتیو به آنها گردد.
- میکروارگانسیمهای بیماری زا را داخل آب نماید.

در تحقیق حاضر با استفاده از بررسی کیفیت آب چاه و پساب خروجی تصفیه خانه شهرک صنعتی پرند، میزان برخی آلاینده های موجود مورد بررسی قرار گرفت چرا که بیشترین میزان تأمین آب فضاهای سبز شهرک صنعتی از طریق همین آب تأمین می گردد. شایان ذکر است که به دلیل محدودیت در به دست آوردن اطلاعات مرتبط با برخی آلاینده های موجود از قبیل فلزات سنگین و مواد شیمیایی سمی با در نظر گرفتن نوع صنایع موجود و آلودگیهای احتمالی آنها که در رفرنسهای متعدد عنوان شده است گونه های گیاهی پالاینده و مناسب سایت جهت استفاده در طراحی کاشت معرفی و استفاده شد. صنایع موجود در شهرک صنعتی پرند: فاضلابهای صنعتی، فاضلابهایی هستند که از صنایع مختلف حاصل می شوند و نسبت به نوع صنایع، ترکیبات شیمیایی مختلفی دارند و وقتی

بسته به نوع کارخانه ها و محصول تولیدی آنها، ترکیبات شیمیایی و درصد آنها در پسابهای صنعتی متفاوت است. اما از مهمترین این ترکیبات می توان به آرسنیک، سرب، کادمیم و

جیوه اشاره کرد. نوع واحدهای صنعتی در شهرک صنعتی پرنده به شرح جدول ۵ می باشد:

جدول ۵- تعداد واحدهای صنعتی موجود در شهرک صنعتی پرنده (۲۳)

نوع صنایع	تعداد واحدها	درصد واحدها از کل
صنایع فلزی	۳۷۱	۸۳
صنایع برق	۱۲	۲/۸۶
صنایع برق و الکترونیک	۳۴	۷/۶
خدمات	۳۰	۶/۷
مجموع	۴۴۷	۱۰۰

— **آلودگی فیزیکی:** به خصوص در صنایع فلزی (سرب، روی....) که ۹۰ درصد مواد استخراج شده از معادن به صورت لجن و مواد معلق توسط فاضلاب به منبع پذیرنده آب منتقل شده و باعث تیرگی آب، خفگی آبزیان و به هم خوردن اکوسیستم منابع آبی می شوند.

— **آلودگی شیمیایی:** حاصل از تخلیه ترکیبات کلر، فلئور، فنل، سیانور، فسفر و نیترات که باعث مسمومیت آب و جلوگیری از تصفیه آب می گردند.

— **آلودگی بیولوژیک:** موجب افزایش میزان BOD شده با از بین بردن اکسیژن محلول در آب، حیات آبزیان را به مخاطره می اندازد و در نتیجه محیط را جهت رشد میکروارگانیسمهای بی هوازی مساعد می سازد.

جدول ۵ مشخص می نماید که به علت غالب بودن صنایع فلزی در شهرک صنعتی پرنده، آب خام ورودی به صنایع با چه نوع فلزات سنگینی ترکیب گردیده و منجر به آلودگی احتمالی می گردد، از این رو با استفاده از گیاهان پالاینده معرفی شده در جدول ۳ که به قابلیت پالایشی این گیاهان در برابر آلایندههای گوناگون اشاره دارد، در برنامه ریزی و طراحی

بررسی توزیع فضایی تولید فاضلاب صنعتی بین این واحدها نشان می دهد که از ۱۵۰ مترمکعب فاضلاب صنعتی تولید شده در سال صنایع فلزی با ۸۳ درصد بالاترین میزان را دارند. این صنایع شامل کارخانجات نورد آلومینیوم، ماشین سازی، فلزکاری و آبکاری، ذوب آهن، فولاد سازی، ذوب فلزات، کارخانجات سرب، روی، مس و بالاخره تولید دستگاههای حرارتی و برودتی می باشند.

اغلب پروسه های تولید صنایع فوق با آب رابطه مستقیم داشته و این بخش از آلوده کننده ها، یکی از مهمترین منابع آلوده کننده آبهای سطحی، زیرزمینی و خاک می باشد.

اهم آلودگی این بخش از صنایع را پارامترهای ذیل تشکیل می دهند (۲۴):

— **تغییرات pH:** موجب به هم خوردن تعادل اکولوژیک محیط آبی شده و فعل و انفعالات شیمیایی آب را تسریع می کند.

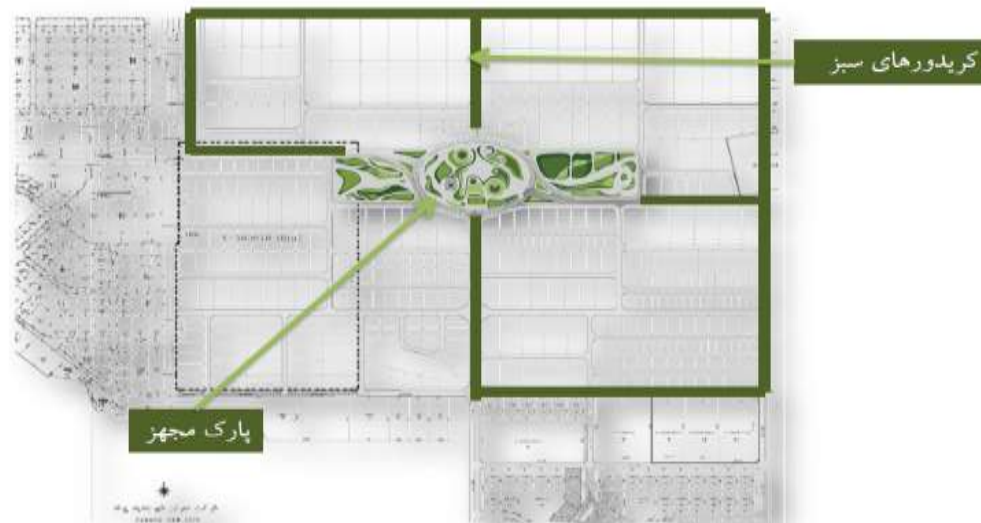
— **فلزات سنگین:** شامل کروم، نیکل، وانادیم، سرب، روی، مس و آهن که موجب مرگ و میر آبزیان شده و از قدرت خودپالایی و تصفیه آب توسط میکروارگانیسمهای هوازی ممانعت به عمل می آورد.

- کاربرد گیاهان خزان کننده در اطراف واحدهای صنعتی در تابستان ایجاد سایه و در زمستان امکان استفاده مستقیم از انرژی خورشید را فراهم نمود که این برنامه در راستای کاهش مصرف سوخت و آلودگیهای ناشی از آن مؤثر است.
- حداکثر استفاده از آبهای ناشی از بارندگی و آبهای بازیافتی جهت کاهش بهره وری از منابع آب طبیعی
- ایجاد یک مرداب مصنوعی در سایت علاوه بر کمک به جلوگیری از هدر رفتن آبهای سطحی و جمع آوری هرز آبها، در ایجاد یک منظر بصری مناسب در دل واحدهای صنعتی.
- محلی برای گذران اوقات فراغت و زمان استراحت.
- استفاده از گونه های گیاهی مشخص شده در جدول ۳ در طراحی کاشت شهرک با توجه به وجود فلزات سنگین در پساب واحدها.
- در طرح راهبردی سایت که در شکل ۲ مشخص گردیده است نشان می دهد که طراحی اکولوژیکی سایت مورد مطالعه به دو بخش مجزا تقسیم می گردد:
- کریدورهای سبز
- پهنه سبز متراکم
- طراحی کریدورهای سبز با وجود ساختار خطی آن به منظور ایجاد شبکه های ارتباطی داخلی سایت از اصول معینی پیروی می کند که همان کاشت ردیفی گونه های گیاهی می باشد، چرا که با توجه به محدودیت در عرض کار، تنها می توان به این کارکرد اکتفا نمود.

اکولوژیکی شهرک صنعتی پرند می توان به اهداف مورد انتظار در زمینه استفاده از این ویژگی پالایشی گیاهان جهت طراحی منظر اکولوژیکی پایدار دست یافت.

**اصول برنامه ریزی و طراحی اکولوژیکی شهرک پرند:** در دستیابی به اصول مشخص و پایدار برای برنامه ریزی و طراحی شهرکهای صنعتی، موارد زیر استخراج گردید:

- فضای باز بیرونی این شهرکها باید با محیط زیست سازگار بوده و از طرف دیگر فضای سبز ایجاد شده باید ساختار شبکه ای داشته باشد.
- در طراحی منظر سبز این سایتها باید دید سیستمیک وجود داشته باشد.
- منظر پیشنهادی باید قدرت ترمیم و بازسازی داشته باشد و حداقل استفاده از منابع را در بر داشته باشد.
- منظر پرورش یافته باید بتواند آلودگیهای مختلف حاصل از فعالیتهای صنعتی را در خود حل نماید و یا آنها را به صورت قابل استفاده در آورد.
- در طراحی اکولوژیکی می بایست برنامه های فیزیکی به منظور حصول به اهداف طرح تعریف گردد تا با اجرای صحیح آن به اهداف از پیش تعیین شده دست یافت. این برنامه ها پس از شناخت اولیه سایت مورد نظر و تعیین امکانات و محدودیتهای سایت مشخص می شود. در شهرک صنعتی پرند برنامه های فیزیکی شامل:
- استفاده از گونه های گیاهی متنوع و مقاوم به شرایط محیطی منطقه در خیابانهای عریض به منظور ایجاد کریدورهای بصری.
- کاهش هزینه های نگهداری فضای سبز از طریق استفاده از گونه های مقاوم و ...



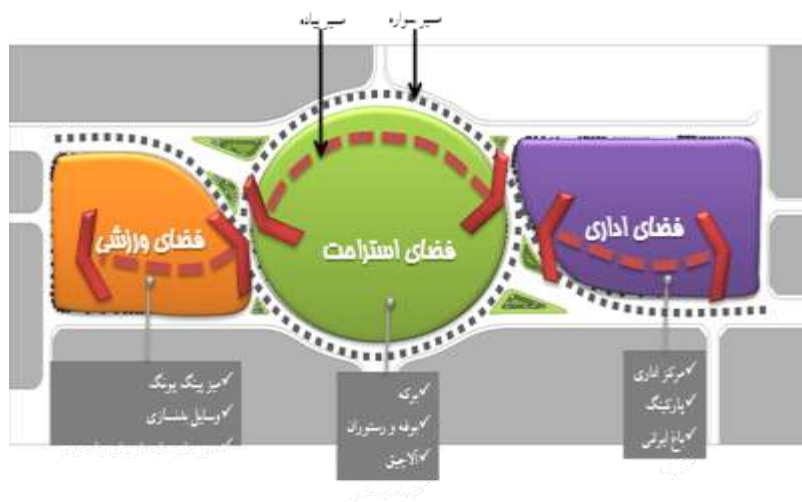
شکل ۲- طرح راهبردی سایت (۱۱)

پارکینگ جانمایی شده و در کنار آن آبراهه و باغ ایرانی به منظور ایجاد تنوع و حس مکان قرار می‌گیرد. در قسمت فضای استراحت که به منظور رفاه کارکنان شهرک در نظر گرفته شده است، برکه آب، محلی برای قرارگیری آلاچیق، فضاهای مکث برای استراحت و نیز استفاده از درختان سایه گستر برای ایجاد میکرو اقلیم مناسب به کار گرفته شده است. در بخش انتهایی این سایت، فضایی برای فعالیتهای ورزشی کارکنان تعبیه شده تا امکان استفاده از آن در ساعات فراغت از کار فراهم گردد. مسیر انتقالی وسایل نقلیه به صورت یک معبر چرخشی پیرامونی سایت عمل کرده و سایت مورد طراحی از لحاظ حرکت استفاده کنندگان آن به صورت پیوسته و غیرمنقطع عمل می‌نماید. به این ترتیب به منظور ارائه طرح نهایی می‌توان علاوه بر کارایی سایت از نظر حرکتی، خطر برخورد وسایل نقلیه عبوری با استفاده کنندگان سایت را کم کرده و با ایجاد آرامش بیشتر در سایت آن را به مکان مناسب تری از لحاظ کارایی‌های زیست محیطی و منظر تبدیل نمود.

نکته مهم و ضروری در این قسمت ایجاد شبکه به هم پیوسته در کاشت گونه‌های گیاهی، ایجاد پیوستگی در تأسیسات نگهداری و نیز رعایت خطوط بصری متصل می‌باشد. با توجه به رویکرد گیاه پالایی در طراحی اکولوژیکی سایت، انتخاب گیاهان متناسب با نوع آلاینده‌ها و نیز خصوصیات پالایشی گیاه و با بکارگیری اصول طراحی منظر در این قسمت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

در رابطه با طراحی پهنه سبز، با توجه به اینکه عرض کار در این قسمت به منظور ایجاد فضاهای متعارف متناسب می‌باشد، می‌توان با استفاده از برنامه‌های فیزیکی ارائه شده (ایجاد مناظر پیوسته، سایبانهای سبز، برکه و آبراهه، فضای استراحت، کاربریهای خدماتی و ...) و با توجه به اهداف طرح به گزینه‌های مختلفی دست یافت.

برای ارائه یک ایده طرح در بخش مرکزی سایت (مطابق شکل ۳)، ابتدا فضای مشخص شده در طرح راهبردی به سه قسمت بر اساس کاربری تفکیک می‌گردد. این قسمتها شامل فضای اداری، فضای استراحت و استراحتگاه ورزشی می‌باشد که بر اساس امکانات موجود در این پهنه انتخاب شده است. در بخش اداری، خدمات مربوط به بخشهای مدیریتی و



شکل ۳- گزینه مورد نظر برای طراحی پهنه مرکزی سایت (۱۱)

رستوران، گلخانه و فضاهای آرامش در نظر گرفته شده است و در فضای ورزشی از انواع تجهیزات پارکی- ورزشی به منظور رفاه کارکنان شهرک استفاده شده است. راه اتصالی میان فضاها از طریق یک معبر اصلی شرقی- غربی تأمین شده، این محور در طول سایت حرکت کرده و ایده آن از طرح کلی شهرک که در راستای شرقی- غربی گسترش یافته الهام گرفته شده است. این معبر در قسمت تلاقی با برکه به صورت یک پل سازگار با طبیعت تبدیل می شود. معابر فرعی سایت نیز از همین محور مشتق شده و کاربریهای مختلف سایت را پوشش می دهد(شکل ۴).

فضاهای کلی و راهبردی طرح به کاربریهای مورد نظر که در بخش برنامه های فیزیکی سایت تعیین گردید، تقسیم می گردد. میزان مساحت لازم برای این فضاها در بخش مطالعات نظری مشخص شده است. در این بخش چیدمان کاربریها و جانمایی معابر اصلی و فرعی سایت تعیین شده و نیز شکل پوششهای گیاهی و قرارگیری آنها نیز در سایت مورد توجه قرار می گیرد. در بخش فضای اداری سایت، ساختمان مدیریت شهرک، پارکینگ وسایل نقلیه، آبراهه و باغ ایرانی به منظور منظر سازی محیط تعبیه گردیده است. در قسمت فضای استراحت برکه، مرکز آموزش، مرکز بهداشت، ساختمان HSE.



شکل ۴- طرح اصلی پیشنهادی شهرک صنعتی پرنده (۱۱)

زیست محیطی»، «بهره‌وری اقتصادی» و «بهره‌وری اجتماعی» را به طور هم زمان پایه ریزی می‌کند (۲۵). در بیشتر سایت‌های آلوده صنعتی، گونه‌های گیاهی علفی و مقاومی وجود دارد و پالایش توسط آنها و سایر گونه‌های غیر خوراکی به ویژه گونه‌های زینتی به دلیل عدم وارد شدن به شبکه زنجیره غذایی یک روش ایمن تصفیه بیولوژیکی می‌باشد (۱۵). راندمان این روش (گیاه پالایی) با کاربرد گیاهان سریع‌ال رشد با بیومس بالا و قدرت جذب بالای فلزات سنگین افزایش می‌یابد (۱۷). پس از طی شدن زمان پالایش، گیاهان، برداشت شده و می‌توانند به منظور کاهش حجم بقایای مواد آلوده گیاهی، متراکم شده و در شرایط کنترل شده دفن و خاکستر شوند.

مطالعه مدل سازی برآورد میزان آلودگی در ایالات متحده نشان داد که درختان شهری مقادیر عمده‌ای از آلودگی هوا را دفع نموده و سبب بهبود کیفی هوای شهری شده‌اند دفع آلودگی از آلاینده‌های  $PM_{10}$ ،  $NO_2$ ،  $SO_2$ ،  $CO$ ،  $O_3$  در میان شهرها به طور متوسط سالانه ۷۱۱۰۰۰ تن برآورد شده است، در تحقیقی در بوستون نیز نشان داده شد که درختان کاشته شده در خیابانها و پارکهای شهری از نظر مقاومت در مقابل استرسهای محیطی شهری، متفاوت هستند، استفاده از گیاهان جهت دفع سموم Phytoremediation راه جالب توجه و بسیار مؤثر جهت بهبود کیفیت هوای شهری است، بنابراین مدیریت کاشت درختان بر اساس سایه اندازی، انتخاب و نوع گونه‌های گیاهی مناسب می‌تواند یک استراتژی پایدار در جهت بهبود هوای شهر و نزدیک شدن آن به استانداردهای شهری باشد (۲۶). لذا بهتر است در ترکیبهای کاشت گیاهی از گیاهانی استفاده شود که قدرت جذب این آلاینده‌ها را داشته باشند البته برای افزایش عمل پالایش می‌توان از گیاهانی که فضای بیشتری را در واحد سطح اشغال می‌نمایند استفاده نمود و یا آنها را با گیاهان سطوح سبز ترکیب کرد که این ترکیب بر اساس اندازه، رنگ، سازگاری و... می‌باشد.

بخش طراحی کاشت توجه به گونه‌های گیاهی مطالعه شده در جدول ۳ که بر اساس خاصیت گیاه پالایی انتخاب گردیده و همچنین دو فاکتور مهم دیگر شامل سازگاری زیست محیطی و مقاومت به شوری، مدنظر قرار گرفته و به طور کلی در بخش طراحی کاشت سه اشکوب پیشنهادی به شرح ذیل در نظر گرفته شده است:

○ **درختان:** که با استفاده از گونه‌های خزان پذیر می‌توانند فلزات سنگین را از پسابهای موجود جذب کرده و به برگها منتقل و ذخیره نمایند، پس از خزان با جمع آوری و از بین بردن برگها می‌توان این آلاینده‌های جذب شده را از محیط شهرک خارج ساخت. همچنین این درختان با ایجاد سایه و بادشکن می‌توانند از تابش آفتاب شدید و وزش بادهای مزاحم جلوگیری کنند.

**پیشنهاد:** افرا، شاه بلوط، عرعر، اکالیپتوس، زبان گنجشک، چنار، آفاقا

○ **درختچه:** در اشکوب پایینتر، از درختچه‌ها برای منظرسازی و تعیین محدوده فضایی و نیز تعریف فضا استفاده می‌شود. همچنین از تک درختچه‌های شاخص در بستر مناسب می‌توان نقاط تأکید به وجود آورد.

**پیشنهاد:** سماق کوهی، کرونوس، بربریس، یوکا

○ **پوششی:** این گونه از گیاهان علاوه بر زیبایی بصری و ایجاد پیوستگی در فضاها از فرسایش خاک جلوگیری کرده و با حفظ رطوبت آن افزایش حاصلخیزی را موجب می‌شوند.

**پیشنهاد:** دایکوندر (چمن شبدری)، فستوکا، فرانکینیا

### بحث و نتیجه‌گیری

توسعه اکولوژیکی صنعتی در واقع یک استراتژی برنامه ریزی و طراحی نوین است که به سوی نیل به اهداف توسعه پایدار در همه ابعاد در مقیاس صنعتی گام بر می‌دارد و در انطباق با رویکرد سیستمی پایدار، دستیابی به سه هدف کلان «بهره‌وری



- از اجرای این تحقیق موارد زیر نتیجه گیری می شود:
- در بیشتر طرحهای اجرا شده به منظور احداث شهرکهای صنعتی ارزیابی زیست محیطی متناسب با منطقه و فعالیتها در نظر گرفته نمی شود، از این رو قرارگیری طرحهای اکولوژیکی پیشنهادی به عنوان بخشی از طرح پایه به منظور هماهنگی میان فضاها، مصنوع داخل این پهنه ها با محیط طبیعی پیرامونی آن در ابتدای برنامه ریزیهای ساخت شهرکهای صنعتی می تواند در پیشگیری از تأثیرات زیست محیطی مخرب در آینده جلوگیری نماید.
  - در شهرکهای صنعتی احداث شده مانند مورد مطالعاتی پژوهش حاضر، پیشنهاد می گردد که در طرحهای توسعه آتی شهرک لزوم رعایت تعادل میان بخشهای طبیعی و انسان ساخت با در نظرگیری مساحت مناسب به منظور ایجاد فضاها، سبز و خدماتی در نظر گرفته شود.
  - می توان با ایجاد یک مرکز تحقیقاتی در زمینه گیاه پالایی و استفاده از متخصصان این امر در شهرکهای صنعتی به تحلیل آلاینده های موجود در آب و خاک پرداخته و با آزمایش و انتخاب گونه های گیاهی مناسب آن محدوده ضمن طراحی محیطی و بهسازی کیفیت منظر در سایت از خصوصیات پالایشی گیاهان به طور دقیقتر بهره برداری نمود.
  - ایجاد ارتباطات منطقی و صحیح میان شهرکهای صنعتی اکولوژیکی می تواند در راستای تقویت برنامه های زیست محیطی و بهسازی منظر این گونه محیطها مؤثر واقع شود. پیشنهاد می گردد در این خصوص مرکز مدیریتی زیست محیطی در شهرکهای صنعتی و بخش کلان آن ایجاد شده تا بتواند در سطوح بالای مدیریتی این بخشها را کنترل و نظارت نماید.
- منابع**
۱. جرج تایلر، میلر. مخدوم، مجید(مترجم) «زیستن در محیط زیست» ۱۳۸۰، انتشارات دانشگاه تهران.
  ۲. گودرزی، محسن. حق طلب، نفیسه. مهدی نیا، محمد هادی ۱۳۹۰، «مبانی طراحی شهرکهای صنعتی بر اساس ایده پارکهای اکولوژیک»، اولین همایش منطقه ای محیط زیست و آلاینده ها.
  3. Potts Carr, Audra, Choctaw eco-industrial park: an ecological approach to industrial land use planning and design, landscape and urban planning.
  ۴. تمرتاش، رضا. طاطیان، محمدرضا. بخشنده لاریمی، سمانه و فاطمه، شکریان. ۱۳۸۸ «مروری بر گونه های گیاهی آبی جاذب عناصر سنگین در اکوسیستم های آبی شمال ایران»، اکوبیولوژی تالاب (۲)، ۸۱-۹۰.
  5. Zhang L, Tian S, Ye Z, et al. The Efficiency of Heavy Metal Removal from Contaminated Water by *Elsholtzia argi* and *Elsholtzia splendens*; Proc. of the International Symposium of Phytoremediation and Ecosystem Health; Sept. 10-13, 2005; Hangzhou, China. 2005.
  ۶. سرمدی، مرضیه. ایرانی، محبوبه. برنارد، فرانسواز ۱۳۹۰ «بررسی تحمل و تجمع کادمیوم در گیاهچه های شیرین بیان» علوم محیطی (۳)، ۶۹-۸۰.
  7. <http://fa.wikipedia.org/wiki>
  8. Korhonen, Jouni. 2000. Industrial ecology. University of joo suu finland.
  9. Robert A. Frosch and Nicholas E. Gallopoulo, 1989. Strategies for Manufacturing. Scientific American 189 (3) 152.
  ۱۰. زاهدی، شمس السادات. جفی، غلامعلی ۱۳۸۵، «بسط مفهومی توسعه پایدار» ویژه نامه مدیریت (پیاپی ۴۹) ۴۳-۷۶.

- Phytoremediation for Site Cleanup, [www.brownfieldstsc.org](http://www.brownfieldstsc.org)
۱۹. محمد شفیعی، محمدرضا تقوی، لعبت. ریحانه، عسگرپور. ۱۳۹۲ «آلودگی آب (مفاهیم و روشهای تصفیه، با رویکرد گیاه پالایی و نانوفیلتراسیون در تصفیه آب»، نشر تالاب.
۲۰. نوری، امید. ۱۳۸۵ «معرفی درختان و درختچه های زینتی مقاوم به آلاینده های هوا، خاک و آب» اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست.
۲۱. صادقی پور مروی، مهدی. ملاحسینی، حمید. سیل پور، محسن. ۱۳۸۷، «گیاه پالایی: تکنولوژی کاهش آلودگی های زیست محیطی»، دومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست.
۲۲. عابدی کوپایی، جهانگیر ۱۳۸۰. «کاربرد هیپراکیمولاتورها در بهسازی خاکهای آلوده به فلزات سنگین» مجموعه مقالات نخستین کنفرانس بهسازی زمین، دانشگاه صنعتی امیر کبیر تهران.
23. <http://www.parandies.com>
۲۴. عباسپور، مجید. ۱۳۷۷، «مهندسی محیط زیست»، مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، (جلد اول).
۲۵. تاج الدین، فهیمه. ۱۳۸۸، «طراحی پایدار محیطی شهرک صنعتی سمنان»، پایان نامه کارشناسی ارشد طراحی محیط زیست، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران، صفحات ۲۳-۲۴.
۲۶. فراست، معصومه. ۱۳۸۷، «انجیر معابد درختی مناسب برای کنترل آلودگی صوتی و آلودگیهای هوا»، دومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست.
۱۱. فرزام فر، نیما «اصول طراحی اکولوژیک شهرکهای صنعتی با تأکید بر گیاه پالایی (مطالعه موردی شهرک صنعتی پرند)»، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۳۹۲.
۱۲. شمشیری، سجاد. مظلوم زاده، سید حسن ۱۳۹۲. «اصول و راهکارهای طراحی فضای سبز در شهرک های صنعتی» همایش ملی معماری پایدار و توسعه شهری.
۱۳. «فضای سبز- مناطق صنعتی - پارکهای صنعتی»، ۱۳۸۰، انتشارات گروه بین المللی ره شهر.
۱۴. گلستانی، محمد علی. فرج اله زاده، زهرا ۱۳۸۹، «پالاینده های محیط زیست در طراحی کاشت»، چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست.
۱۵. تقی زاده، مینا. کافی، محسن. ۱۳۷۸، «معرفی تکنولوژی گیاه پالایی و گیاه پالاینده های فضای سبز»، مجموعه مقالات سومین همایش ملی فضای سبز و منظر شهری، ویژه نامه ضمیمه ماهنامه، شماره ۲۷.
16. United Nation Environment Program (UNEP). 2002. Phytoremediation: An environmentally sound technology for pollution prevention, control and remediation: An introductory for decision-maker. UNEP, International Environmental Technology Centre, Osaka, Japan.
۱۷. رضی کرد محله، لادن. ۱۳۸۵ «بررسی انواع روشهای گیاه پالایی خاکهای آلوده به فلزات سنگین و فناوریهای مصرف محصولات گیاهی آلوده آن»، اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست.
18. Environmental Protection Agency (EPA), 2001, Brownfields Technology Primer: Selecting and Using