دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی برق

آموزش مقدماتی نرم افزار

نگارنده:

فاطمه جهانبانی

بهار ۹۰

۱ مقدمه

در بخش اول این گزارش به معرفی برخی از روش های پیش بینی انرژی الکتریکی به عنوان اولین گام در برنامه ریزی انرژی پرداخته شده است. هر کدام از این روش ها می توانند بسته به هدف طراح و برنامه ریز، روش مناسبی باشند. در بخش دوم این گزارش، نرم افزار "لیپ" معرفی و طریقه استفاده از آن برای برنامه ریزی انرژی توضیح داده شده است و در انتها مثالی برای آشنا شدن هر چه بیشتر با این نرم افزار آورده شده است.

۲ بخش اول

انواع مصر ف کنندگان و مشخصات آنها

امروزه در شبکه های برق طیف گسترده ای از انواع مصرف کنندگان به چشم می‌خورد که در دسته‌بندی‌های کلی و کلاسیک می توان آنها را به بارهای خانگی ، تجاری ، صنعتی ، کشاورزی و عمومی تقسیم نمود.

۱- مصارف خانگی

این گونه بارها به طور کلی مصارف خانگی در شهر و روستا را در بر می گیرند که قسمت عمده آنرا روشنایی منازل تشکیل می دهد و نیز شامل وسایل تهویه مطبوع ، گرم کننده ها، یخچال ها و موتورهای کوچک بکار رفته در وسایل خانگی از قبیل لباسشویی ، آبمیوه گیری ، چرخ گوشت و غیره می باشند.

۲- مصارف تجاری

این بارها به طور عمده شامل روشنایی مغازه ها و آگهی های تبلیغاتی و غیره می شوند. همچنین فن ها و تهویه مطبوع ، مصارف سرمایشی و گرمایشی وسایل الکتریکی که در مراکز تجاری از قبیل مغازه ها، رستوران‌ها، هتل‌ها، سوپر مارکت‌ها و... بکار می روند را نیز در بر می گیرند و مانند مصارف خانگی از مصرف کنندگان عمده برق در زمان پیک می باشند.

۳- مصارف صنعتی

این نوع بارها شامل کارگاهها و کارخانجات می باشند. موتورهای الکتریکی یکی از مصرف کنندگان بزرگ برق در صنایع می باشند.

۴- مصارف کشاورزی

این نوع بارها عمدتا شامل انرژی مورد نیاز برای بکار انداختن پمپهای آب برای آبیاری زمینهای زیر کشت می‌باشند. مصارف کشاورزی دارای نوسانات شدید فصلی بوده و بسته به موقعیت جغرافیایی منطقه، الگوی مصرفی خاص خود ر ا دارد.

۵- مصارف عمومی

شامل ادارات دولتی، موسسات آموزشی و فرهنگی، مراکز نظامی و انتظامی، بیمارستانها و مراکز درمانی ، مساجد، پارک ها و فضاهای سبز، روشنایی معابر و سایر مصارف شهری از قبیل چراغ های راهنمایی و رانندگی و ... می باشند.

به منظور برآورده کردن میزان تقاضای مصرف کنندگان با قابلیت اطمینان استاندارد لازم است تا میزان تقاضا برای زمان های آینده پیش بینی شود. پیش بینی بار الکتریکی درطول زمان به چهار دوره تقسیم می‌شود:

۱- بسیار کوتاه مدت: برای زمان‌های از چند ثانیه تا دقیقه، که جهت تجزیه و تحلیل وقایع احتمالی و امنیتی سیستم در نظر گرفته می‌شود.
۲- کوتاه مدت: برای زمان‌های از چند ساعت تا چند روز محدود می‌باشد که به منظور بهره‌برداری بهینه توسط مراکز دیسپاچینگ مورد استفاده قرار می گیرد.
۳- میان مدت: برای زمان‌های از چند هفته تا یکسال می‌باشد که به منظور برنامه ریزی فصلی و سالیانه و بهره برداری بهینه مورد استفاده قرار می‌گیرد.
۴- بلند مدت: برای زمان‌های از یکسال تا 20 سال می‌باشد که جهت برنامه‌ریزی توسعه نیروگاه‌ها و شبکه‌های انتقال مناسب است.

انواع روش‌های پیش بینی

روش‌های پیش بینی را می‌توان به دو دسته کلی روش‌های پارامتری و روش‌های هوش مصنوعی تقسیم‌بندی کرد که روش های پارامتری خود به دو دسته روش‌های سری زمانی و روش‌های رگرسیون دسته بندی می‌شوند.

۱- روش‌های سری‌های زمانی

به صورت کلی تابع سری زمانی را می توان به صورت زیر تعریف کرد:

$$X_t = a_0 + a_1 Z_1(t) + a_2 Z_2(t) + \ldots + a_k Z_k(t) + e_t \qquad (۱)$$

که در آن a_iها ضرایب ثابت مدل، e_t خطای مدل در زمان t و $Z_i(t)$ تابع وابسته به زمان است.

جدول ۱: مدل‌های مختلف از توابع سری زمانی

نوع مدل	تابع
خطی	$X_t = a_0 + a_1 t + e_t$
مرتبه دوم	$X_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + e_t$
لگاریتمی	$X_t = \ln(a) + a_1 e^{dt} + e_t$
پریودیک	$X_t = a_0 + a_1 \sin \omega t + a_2 \cos \omega t + e_t$

مثال:

با استفاده از داده‌های موجود در جدول (۲) و استفاده از مدل‌های خطی و مرتبه دوم سری زمانی پیش‌بینی داده‌ها انجام شده است:

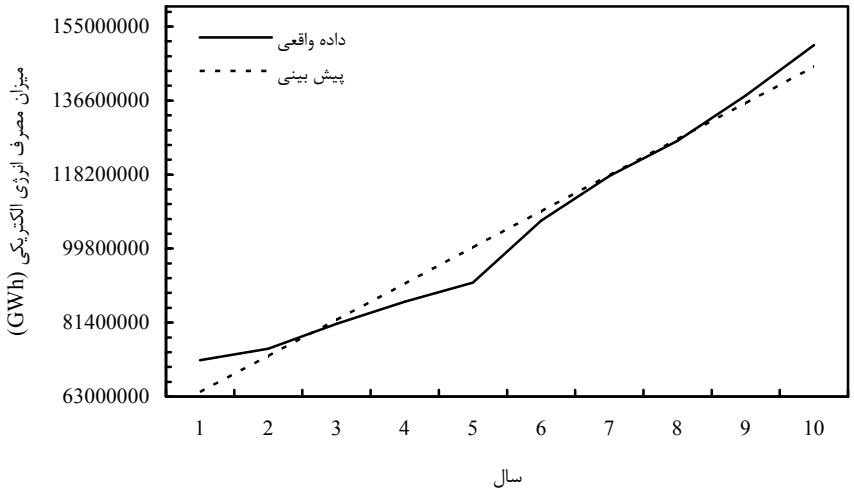
جدول ۲: میزان مصرف انرژی در زمان‌های مختلف

زمان	میزان مصرف انرژی الکتریکی (GWh)
۱	۷۲۰۲۲۹٤۷
۲	۷٤۹٤۲۱٥٥
۳	۸۱۰۸٤۹۰۰
٤	۸٦٥٤۷٥۷٦
٥	۹۱۳۱۸٤۸۸
٦	۱۰٦۷۷۲۰۱۰
۷	۱۱۷۸۲٤۹۳۸
۸	۱۲٦٥٤۹۲۷۰
۹	۱۳۷۸٥۳۳۱۹
۱۰	۱٥۰۳۹٥۹۸۳

برای تقریب تابع درجه اول (مدل خطی)، لازم است تا بهترین تابع با کمترین میزان خطا به دست آید که در زیر نشان داده شده است:

$$X_t = 55119728 + 8983897 \times t$$

در شکل (۱) داده‌های واقعی و مقدار پیش بینی شده توسط مدل خطی تقریب زده شده، نشان داده شده است:

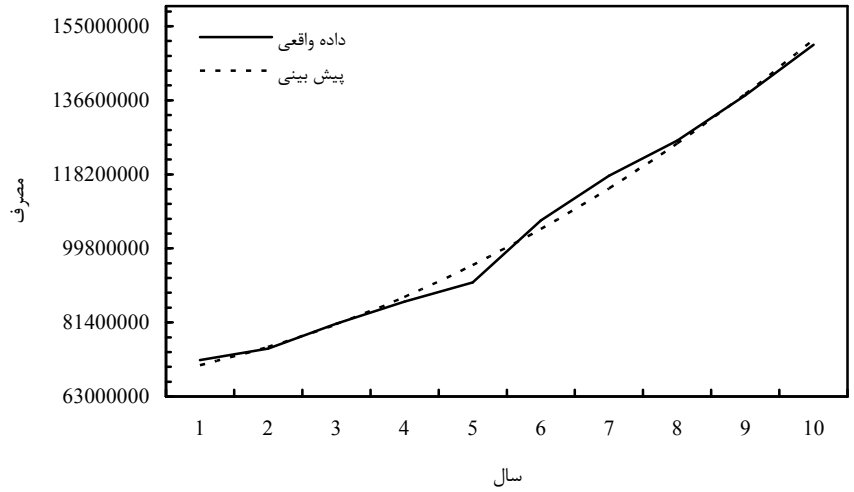


شکل ۱: پیش بینی با استفاده از سری زمانی خطی

همچنین برای تقریب تابع درجه دوم، بهترین تابع با کمترین میزان خطا به صورت زیر به دست می آید:

$$X_t = 67368963 + 2859279 \times t + 556783 \times t^2$$

که در شکل زیر داده‌های واقعی و مقدار پیش بینی شده توسط تابع درجه دوم تقریب زده شده، نشان داده شده است:



شکل ۲: پیش بینی با استفاده از سری زمانی درجه دوم

همانگونه که در مثال (۱) نیز مشاهده می شود، برای مقایسه و صحت سنجی روش‌ها و توابع مورد استفاده در پیش بینی داده‌ها، لازم است تا از معیارهای خطا استفاده شود. در ادامه سه نمونه از معیارهای موجود آورده شده است:

✓ **درصد خطای مطلق میانگین[1] (MAPE)**

این معیار، دقت تخمین را بر حسب درصد بصورت زیر بیان می‌کند:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^{n} \left| (y_t - \hat{y}_t) / y_t \right|}{n} \times 100 \qquad (y_t \neq 0) \qquad (۲)$$

که در آن، y_t، مقدار واقعی، $\hat{y}_t$ مقدار پیش بینی شده و n تعداد مشاهدات می باشند.

✓ **انحراف مطلق میانگین[2] (MAD)**

این معیار، نیز دقت تخمین مقدار سری زمانی را اندازه گیری می‌کند. این معیار میزان دقت را با همان واحدهای داده ها بیان می‌کند، که این امر به فهم میزان خطا کمک می‌کند. رابطه آن بصورت زیر است:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^{n} \left| (y_t - \hat{y}_t) \right|}{n} \qquad (۳)$$

✓ **انحراف مربع میانگین[3] (MSD)**

این معیار با توجه به رابطه زیر، دقت تخمین را اندازه گیری می‌کند:

$$MSD = \frac{\sum_{t=1}^{n} (y_t - \hat{y}_t)^2}{n} \qquad (۴)$$

برای هر سه معیار مقدار کمتر، نشانگر تخمین بهتر مدل می‌باشد. از این سه معیار جهت بررسی میزان دقت تخمین استفاده می‌گردد. لازم به ذکر است که علاوه بر این از شاخص‌های دیگری همچون حداقل مربعات خطا[4] (LSE) خطا نیز استفاده می‌گردد که به صورت زیر تعریف می‌شود:

[1] Mean Absolute Percentage Error
[2] Mean Absolute Deviation
[3] Mean Squared Deviation

$$LSE = \sum_{t=1}^{n} (y_t - \hat{y}_t)^2 \qquad (۵)$$

برای نمونه، در مثال قبل مقدار هر یک از شاخص ها برای مدل خطی و درجه دوم به صورت زیر محاسبه شده است:

مدل	MAPE	MAD	MSE
خطی	۴	3417954	2.02 E+13
درجه ۲	۱	1479743	3.82 E+12

از جمله روش‌های متداول سری زمانی می‌توان به مدل خودرگرسیو[۵] (AR)، میانگین متحرک[۶] (MA)، خودرگرسیو میانگین متحرک[۷] (ARMA) و خودرگرسیو میانگین متحرک (ARIMA) اشاره کرد.

- **مدل خودرگرسیو**

یکی از مدل‌های رایج سری‌های زمانی مدل AR می‌باشد. با فرض وجود سری $y_1, y_2, ..., y_n$، مدل خودرگرسیو مرتبه p را می‌توان به صورت زیر نمایش داد، که در آن مقدار متغیر y_i به مقادیر قبل آن و به صورت خطی وابسته است:

$$y_i = \varphi_0 + \varphi_1 y_{i-1} + \varphi_2 y_{i-2} + ... + \varphi_p y_{i-p} + \varepsilon_i \qquad (۶)$$

که در آن φ_i وزن iام می‌باشد که باید تعیین گردد. همچنین ε_i توزیع نرمال با میانگین صفر و انحراف σ^2 است. با این تعریف می‌توان AR(1) را به صورت زیر تعریف کرد:

$$y_i = \varphi_0 + \varphi_1 y_{i-1} + \varepsilon_2 \qquad (۷)$$

با داشتن n نمونه و با استفاده از مدل AR(1)، برای به دست آوردن ضرایب φ_i لازم است تا معادله خطی زیر را حل کرد:

---

[4] Least Square Error
[5] Autoregressive
[6] Moving average
[7] Autoregressive moving average

$$\begin{cases} y_2 = \varphi_0 + \varphi_1 y_1 + \varepsilon_2 \\ y_3 = \varphi_0 + \varphi_1 y_2 + \varepsilon_3 \\ \vdots \quad \vdots \\ y_n = \varphi_0 + \varphi_1 y_{n-1} + \varepsilon_n \end{cases} \qquad (۸)$$

مثال:

فرض کنید که تعداد واحدهای ساخته شده برای یک شرکت به صورت جدول زیر باشد، تعداد واحدهای مورد نیاز در دو سال بعد را با استفاده از روش خودرگرسیو درجه ۲ پیش بینی کنید:

سال	واحد
۹۸	۴
۹۹	۳
۰۰	۲
۰۱	۳
۰۲	۲
۰۳	۲
۰۴	۴
۰۵	۹

جدول را به صورت زیر بازنویسی می‌کنیم:

سال	Y_i	Y_{i-1}	Y_{i-2}
۹۸	۴	–	–
۹۹	۳	۴	–
۰۰	۲	۳	۴
۰۱	۳	۲	۳
۰۲	۲	۳	۲
۰۳	۲	۲	۳
۰۴	۴	۲	۲
۰۵	۹	۴	۲

از جدول، تعداد کل داده‌های موجود برابر با ۶ به دست می‌آید.

برای به دست آوردن مقادیر پارامترها می‌توان از نرم افزار اکسل نیز استفاده کرد. نتایج نشان می‌دهد که:

$$Y_t = 3.5 + 0.815\,Y_{t-1} - 0.9375\,Y_{t-1}$$

حال برای پیش بینی مقدار داده در سال ۲۰۰۶ به صورت زیر عمل می شود:

$$Y_{2006} = 3.5 + 0.815\,Y_{2005} - 0.9375\,Y_{2004} = 4.625$$

و برای سال ۲۰۰۷:

$$Y_{2007} = 3.5 + 0.815\,Y_{2006} - 0.9375\,Y_{2005} = 1.633$$

- **مدل میانگین متحرک (MA)**

در مدل میانگین متحرک از مرتبه q را می توان به صورت زیر تعریف کرد:

$$X_t = \mu + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^{q} \theta_i \varepsilon_{t-i} \qquad (۹)$$

در این مدل θ_i ها پارامترهای مدل می باشند که باید تعیین گردند. μ امید ریاضی X_t است و اغلب برابر با صفر در نظر گرفته می شود. ε_t و ε_{t-i} نیز ترم های خطای مدل نویز سفید هستند.

- **مدل خودرگرسیو میانگین متحرک (ARMA)**

مدلی است که از ترکیب دو مدل خودرگرسیو با مرتبه p و مدل میانگین متحرک با مرتبه q به دست می‌آید:

$$X_t = c + \varepsilon_t + \sum_{i=1}^{p} \varphi_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^{q} \theta_i \varepsilon_{t-i} \qquad (۱۰)$$

- **مدل خودرگرسیو میانگین متحرک-یکپارچه (ARIMA)**

مدل ARMA برای مدلسازی سری زمانی ایستا و ARIMA برای مدلسازی سری‌های زمانی ناایستا کاربرد دارند. مدل ARIMA ساختار ریاضی مدل ARIMA به صورت زیر تعریف می‌شود:

(۱۱)

۲- روش رگرسیون

رگرسیون یا آنالیز گرایش عبارتست از مطالعه رفتار یک سری زمانی یا یک فرایند در گذشته و مطالعه مدل سازی ریاضی آن بطوری که رفتار آینده را بتوان از آن برون‌یابی کرد. اساس تئوری رگرسیون این است که هر تابع به صورت Y_t را می‌توان به مجموعه‌ای از نقاط مانند $(x_1, y_1), (x_2, y_2), ..., (x_i, y_i)$ تطبیق داد، به گونه‌ای

که مجموع مربع خطاها در هر نقطه مینیمم گردد. شاخص مجموع مربع خطاها به این علت مورد استفاده قرار می‌گیرد که شاخص "خوبی تطابق" است. یا به عبارت دیگر، مدل رگرسیون مدلی است که رابطه یک متغیر وابسته (y) را با یک یا چند متغیر مستقل (x) بیان می‌کند:

$$Y = f(x_1,...,x_i) \qquad (۱۲)$$

✓ **رگرسیون خطی:**

اگر تابع تعریف شده در رابطه (۱۲) به صورت خطی تعریف شود آنگاه داریم:

$$Y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + ... + a_i x_i \qquad (۱۳)$$

✓ **رگرسیون غیر خطی:**

رگرسیون غیرخطی مدل‌های متفاوتی دارد که می‌توان به مدل‌های درجه ۲، ۳ و...، چند جمله‌های نمایی و توانی اشاره کرد. در ادامه چند نمونه از رگرسیون خطی و معادلات آن آورده شده است:

مدل	رابطه
درجه ۲	$Y = ax^2 + bx + c$
درجه ۳	$Y = ax^3 + bx^2 + cx + d$
نمایی	$Y = ab^x$ $Y = ae^x, e = 2.718$
توانی	$Y = ax^b$

که در رابطه مورد نظر x متغیر مستقل و Y متغیر وابسته است. هدف از حل مسئله بالا، پیدا کردن پارامترها (a, b, c) به گونه ای است که تابع محاسبه شده کمترین میزان خطا را با مقادیر اصلی تابع داشته باشد.

برای به دست آوردن مدل بار پیک با استفاده از روش رگرسیون باید فاکتورهای موثر بر بار و یا بخشی از آن ها را، بسته به نوع کشوری که برای آن مدل‌سازی انجام می‌شود، در نظر بگیرد. مدل واحدی برای بار پیک وجود ندارد. این فاکتورها می‌تواند شامل موارد، تولید ناخالص داخلی (GDP)، جمعیت (POP)، GDP به ازای

شخص، انرژی الکتریکی مصرفی به ازای جمعیت، تلفات سیستم قدرت، ضریب بار و هزینه یک کیلووات ساعت باشد.

چهار فاکتور ابتدایی به رفتار جامعه وابسته است و بنابراین می تواند از کشوری به کشور دیگر تغییر کند در حالی که ۳ فاکتور آخر به سیستم قدرت الکتریکی کشورها و بارشان بستگی دارد. با فرض این که ۳ فاکتور آخر را در نظر نگیریم، مدل بار پیک را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$P_L = f(GDP) + g(POP) + h(EP) + k(GDP/Cap) \qquad (۱۴)$$

که f، g، h و k توابع متغیرهای نشان داده شده در پرانتز هستند. این توابع می توانند خطی و یا غیرخطی باشند. با فرض رابطه خطی بین متغیرها داریم:

$$P_L = a_0 + a_1\, GDP + a_2\, POP + a_3\, EP + a_4\, GDP/Cap \qquad (۱۴)$$

که aها ضرایب رگرسیون هستند. مسئله در این صورت یافتن پارامترهای رگرسیون با استفاده از داده های گذشته است. رابطه بالا را می توان به صورت زیر نیز نوشت:

$$P_{L_i} = \begin{bmatrix} 1 & GDP & POP & EP & GDP/Cap \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{bmatrix};\ \ i = 1,\ldots,m \qquad (۱۵)$$

که m تعداد سالهایی است که از داده‌های گذشته آن‌ها استفاده شده است و بزرگتر مساوی با ۴ است. رابطه بالا را می‌توان به صورت برداری زیر نوشت:

$$Z = HX + \xi \qquad (۱۶)$$

پاسخ این معادله بر اساس الگوریتم حداقل مربعات خطا به صورت زیر خواهد بود:

$$X^* = \left[H^T H\right]^{-1} H^T Z \qquad (۱۷)$$

لازم به ذکر است که می توان متغیر زمان را نیز در رابطه بالا به عنوان یک متغیر مستقل در نظر گرفت.

مدل آنالیز سری زمانی، تأثیر بار را در سال های گذشته در نظر می گیرد. مدل رگرسیون را می توان با استفاده از داده های گذشته نیز در نظر گرفت. در این مدل سری زمانی به دست خواهد آمد که مرتبه سری زمانی به دقت مورد نیاز در پیش بینی و داده های موجود در گذشته وابسته است. فرم کلی این مدل به صورت زیر است:

$$P_L(k) = a_1 P_L(k-1) + a_2 P_L(k-2) + \ldots + a_n P_L(k-n) \qquad (۱۸)$$

که در آن k ها سال مورد نظر برای پیش بینی و n درجه سری زمانی است.

$$P_{L_i} = \begin{bmatrix} P_L(k-1) & P_L(k-2) & P_L(k-3) & P_L(k-4) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{bmatrix} \qquad (۱۹)$$

که می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$P_L = BX + \delta \qquad (۲۰)$$

مثال:

یک شرکت برق میزان تقاضایی برابر با جدول زیر را داراست در جدول مقادیر شاخص هایی که میزان تقاضا به آن ها وابسته است نیز آورده شده است. کل تعداد مشاهدات برابر با ۸ مشاهده، از ۱۹۸۱ تا ۱۹۸۸ می باشد. هدف محاسبه میزان بار برای سال های ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۶ با استفاده از روش رگرسیون خطی است.

Year	Peak Load (GW)	GDP (Million EP)	POP (Million)	EP	GDP/ CAP	System Losses (MW)	Load Factor (%)	Cost of Energy (Mill/ kWh)
1981	3179	18985	42.11	30.11	450.85	4288.1	71.35	142.173
1982	3694	20628	43.33	33.58	476.07	4563.5	67.66	131.499
1983	3981	22450	44.50	35.67	504.49	4977.5	70.37	123.205
1984	4672	24042	45.77	37.06	525.26	5592.7	67.78	110.147
1985	5158	25691	46.99	38.60	546.73	6478.7	66.69	94.4155
1986	5361	26842	48.32	40.20	555.50	6159.0	68.66	101.59
1987	5803	27912	50.50	41.20	552.71	6862.6	69.25	86.200
1988	6152	29172	51.51	43.90	566.34	7479.1	70.22	70.2631

برای مدل‌سازی از رابطه (۱۸) در قبل استفاده شده است. برای بهینه کردن از روش حداقل مربعات خطا استفاده شده است. ضرایب پارامتر موجود در رابطه (۱۸) به صورت زیر به دست آمده است.

پارامتر	مقدار
a_0	-۲۴۷۹/۲
a_1	۰/۳۲۹
a_2	۲۸/۵
a_3	-۳۷/۸۶
a_4	-۱/۳۷۹

در صورتی که از داده‌های جدول بالا و از رابطه (۱۹) استفاده شود. آنگاه با در نظر گرفتن معیار حداقل مربعات خطا، پارامترها به صورت زیر تعیین می شوند:

پارامتر	مقدار
a_1	۱/۱۴۷۳۵
a_2	-۰/۲۹۶۱۲
a_3	۰/۷۸۳۱۶
a_4	-۰/۶۱۹۳۰

۳- شبکه عصبی:

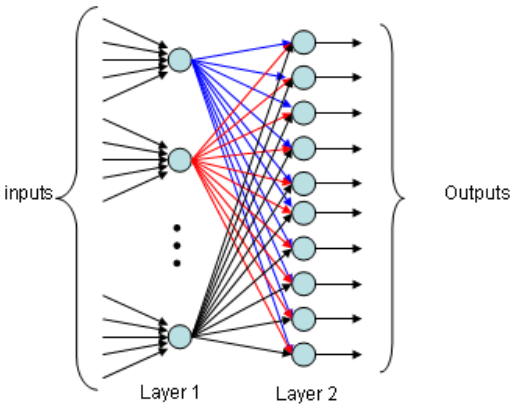
این شبکه‌ها از یک لایه ورودی، یک یا چند لایه میانی یا پنهان و یک لایه خروجی تشکیل می گردند. در هر یک از لایه ها تعدادی نرون جای گرفته است. به نرون‌های لایه ورودی تنها بردار ورودی اعمال می شود. اما به نرون های دیگر لایه ها، خروجی‌های نرون های لایه پیشین و یک ورودی که آستانه نرون را توصیف می‌کند اعمال می شود. شکل ۱ ساختار یک شبکه عصبی ساده را نشان می دهد.

در شکل ۱ دیده می شود که هر نرون سیگنال های ورودی خود را دریافت می‌کند و سپس به آنها یک تابع غیر خطی به نام تابع فعالیت اعمال می‌کند. تعداد نرون ها در لایه های ورودی و خروجی بستگی به تعداد ورودی‌ها و خروجی‌های مساله مورد نظر دارد. در حالیکه انتخاب تعداد نرون‌های لایه پنهان یک مساله طراحی است. شبکه های عصبی مکانیزمی برای یادگیری دارند. این مکانیزم یادگیری وزن‌های مربوط به اتصالات مختلف شبکه عصبی را طوری تغییر می دهد که خروجی های مطلوب بدست می آید.

به طور کلی دو نوع روش یادگیری برای شبکه های عصبی وجود دارد که یکی از آنها یادگیری با نظارت و دیگری یادگیری بدون نظارت می باشد. در روش یادگیری با نظارت، نمونه های ورودی و خروجی مطلوب در دسترس می باشد. در این روش با اعمال ورودی به شبکه و مقایسه خروجی شبکه با خروجی مطلوب، وزن های موجود در شبکه به گونه ای تغییرمی یابند تا اختلاف خروجی شبکه با خروجی مطلوب به حد قابل قبولی برسد.

در روش یادگیری بدون نظارت نیازی به بردار هدف برای خروجی نیست بنابراین هیچ مقایسه‌ای با پاسخ‌های ایده‌آل از پیش تعیین شده انجام نمی‌گیرد. جفت داده‌های یادگیری (آموزشی) فقط از بردارهای ورودی تشکیل یافته است و الگوریتم آموزشی وزن‌های شبکه را برای ایجاد بردارهای خروجی سازگار اصلاح می‌کند. این روش را خود یادگیری هم می‌گویند و بیشتر الگوریتم‌های بدون نظارت عمل خوشه بندی را انجام می دهند.

در ادامه مدل کلی از شبکه عصبی آورده شده است:



هدف از آموزش شبکه عصبی پیدا کردن وزن‌ها است. برای به دست آوردن w ها و b ها، ابتدا یک سری w و b تصادفی انتخاب می‌شود. سپس نمونه ها به شبکه اعمال و خطای بین مقدار خروجی محاسبه شده و واقعی محاسبه می‌گردد. سپس متناظر با مقدار خطای به دست آمده مقادیر پارامترها کمی تغییر کرده و مجددا ورودی ها به شبکه اعمال می گردد. این روند آنقدر ادامه می‌یابد تا خطای به دست آمده از شبکه، قابل قبول باشد.

مثال:

میزان تقاضای انرژی الکتریکی برای یک شبکه قدرت به صورت جدول زیر می‌باشد. تقاضای انرژی را برای سه سال آینده پیش بینی کنید.

۲۰۰۹	۲۰۰۸	۲۰۰۷	۲۰۰۶	۲۰۰۵	۲۰۰۴	۲۰۰۳	۲۰۰۲	۲۰۰۱	۲۰۰۰
۱۱۸۰۰۳۰	۱۰۰۴۳۵۴	۹۱۰۰۲۴	۷۹۰۰۰۰	۶۷۰۰۱۲	۴۲۰۰۴۵	۳۳۷۴۳۵	۲۹۰۰۴۰	۱۷۳۴۵۰	۱۳۵۲۰۰
						۲۰۱۳	۲۰۱۲	۲۰۱۱	۲۰۱۰
						۱۷۶۶۵۹	۱۵۸۹۸۹	۱۴۰۰۰۲	۱۲۳۰۳۰

شبکه عصبی با یک لایه مخفی با ۳ نرون ورودی و یک نرون خروجی و ۷ نرون در لایه مخفی در نظر گرفته می شود. ورودی ها شامل داده های میزان تقاضا برای سه گام زمانی قبل در نظر گرفته شده است و خروجی نیز میزان توان مورد تقاضا در گام بعد است. در نتیجه تعداد کل داده های مورد نیاز برای آموزش و تست شبکه برابر با ۱۱ داده است که از این تعداد، ۷ داده برای آموزش و ۴ داده برای تست استفاده شده است.

۳ بخش دوم

مقدمه

نرم افزار LEAP، نرم افزاری است که به صورت رایگان قابل دسترسی است و می‌توان بعد از فعال کردن، آن را مورد استفاده قرار داد .از آدرس سایت http://www.energycommunity.org/default.asp?action=40 می‌توان نرم افزار را دانلود کرد.

مزایای اصلی نرم افزار LEAP، قابلیت انعطاف‌پذیری و سادگی استفاده از آن است که به تصمیم‌گیرنده این امکان را می‌دهد تا به سرعت ایده‌های سیاست‌گذاری را تحلیل کند بدون آن‌که مجبور باشد تا به مدل‌های پیچیده‌ای متوسل شود.

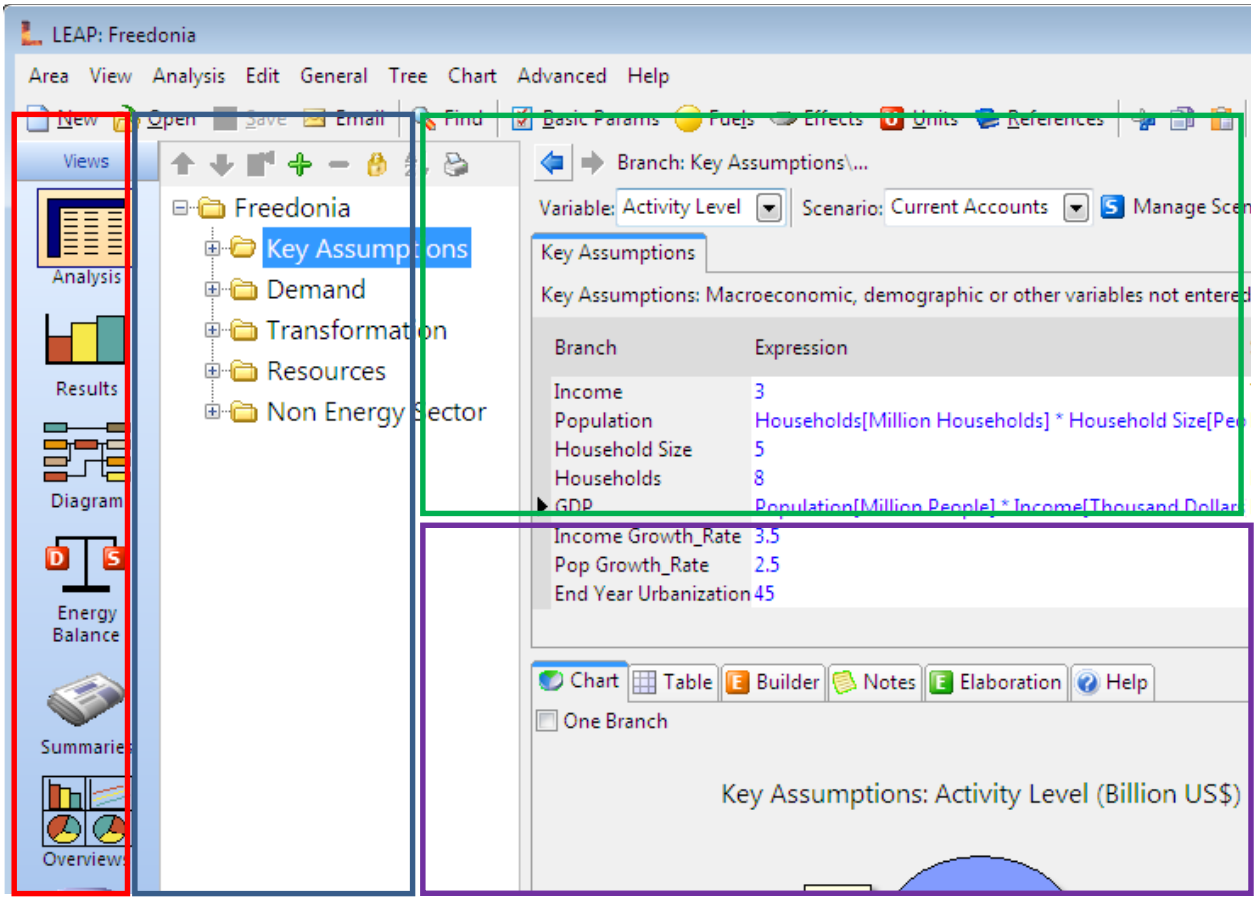
نرم افزار LEAP چندین هدف را برآورد می‌کند: به عنوان پایگاه داده، سیستم جامعی را برای نگه داشتن اطلاعات انرژی ایجاد می‌کند. به عنوان وسیله پیش‌بینی، کاربر را قادر می‌سازد تا تصویری از میزان تقاضا و مصرف انرژی در افق برنامه‌ریزی بلند مدت داشته باشد. به عنوان ابزار آنالیز سیاست‌گذاری، نرم افزار تأثیرات فیزیکی، اقتصادی و محیط‌زیستی برنامه‌های مختلف انرژی، سرمایه‌گذاری‌ها و فعالیت‌ها را شبیه‌سازی و ارزیابی می‌کند.

از نرم افزار LEAP می‌توان برای طرح‌ریزی موقعیت تقاضا و مصرف انرژی، برای داشتن نگاهی اجمالی به طرح‌های آینده، تشخیص مشکلات پتانسیل منابع و برآورد اثرات احتمالی سیاست‌گذاری‌های انرژی استفاده کرد.

نرم افزار LEAP امکان ایجاد طرح‌ها و برنامه‌های مختلف، استفاده از تکنولوژی‌های متنوع و اتخاذ استراتژی‌های زیادی را دارد تا بتوان به بهترین حالت با مشکلات انرژی و محیط زیست روبه رو شد.

۴ نرم افزار LEAP

بعد از نصب نرم افزار و اجرای آن، ساختار کلی نرم افزار LEAP به صورت زیر مشاهده خواهد شد:



شکل ۱: ساختار کلی نرم افزار LEAP

در ادامه ساختارهای اصلی نرم افزار معرفی شده است.

۴.۱ بخش views

بخش views (قسمت قرمز رنگ در شکل ۱) که شامل ۸ آیکن گرافیکی است و در سمت چپ صفحه قرار دارد با کلیک کردن روی هر آیکن می‌توان گزینه دلخواه را انتخاب کرد.

۱- Analysis view

این آیکن محلی است که ساختار داده‌ها، فرضیات و مدل‌ها ساخته می‌شود. با انتخاب این آیکن صفحه‌ای به صورت شکل (۱) ظاهر می‌شود. در این آیکن صفحه به چندین قسمت تقسیم می‌شود در سمت چپ (قسمت آبی رنگ شکل) درخت مرتبه‌ای برای ساختن و سازمان‌دهی کردن داده‌ها استفاده می‌شود که شامل ۴ دسته اصلی است: فرضیات کلیدی[۸]، تقاضا، انتقال و منابع. همچنین از درخت برای انتخاب داده‌ها و ویرایش کردن آن‌ها (در قسمت سبز رنگ) استفاده می‌شود. همچنین با کلیک کردن روی جدول داده‌ها، در سمت راست پایین صفحه (فضای بنفش رنگ) داده‌های مربوطه به صورت گرافیکی در نمودارها و همچنین در داخل جداولی نشان داده می‌شود.

۲- The result view

این قسمت جزئیات نتایج را برای بخش‌های سیستم انرژی نشان می‌دهد. دسته‌ای از چارت‌ها را می‌توان با انتخاب گزینه favorite (آیکنی که در منوی اصلی فعال می‌شود) به صورت خاص انتخاب کرد.

۳- The diagram view

این قسمت دیاگرام "سیستم انرژی مرجع"[۹] است که جریان انرژی در سیستم را از منابع اولیه و از طریق تبدیل و انتقال سوخت‌ها به قسمت مصرف نهایی نشان می‌دهد. در این بخش می‌توان ورودی و خروجی سوخت‌ها به مدول‌های مختلف سیستم را مشاهده کرد. در صورت تغییر دادن ساختار داده‌های انتقال همانند اضافه یا حذف کردن سوخت، این بخش به صورت خودکار به روز می‌شود.

۴- The energy balance view

این بخش نتایج محاسبات را در قالب جدول ترازنامه انرژی استاندارد نشان می‌دهد. نتایج این جدول را می‌توان برای هر سناریو و هر سال در تحلیل‌ها وارد کرد.

۵- The overviews

این آیکن برای گروه کردن نمودارها و نتایجی که در دسته چارت‌های "Favorite" در آیکن " the results view" انتخاب شده‌اند، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

[8] Key assumption
[9] Reference energy system

۶- TED

این قسمت شامل داده‌های زیادی است که خصوصیات فنی، هزینه‌ها و محیط‌زیستی تکنولوژی‌های مختلف انرژی را شرح می‌دهد.

۷- The notes view

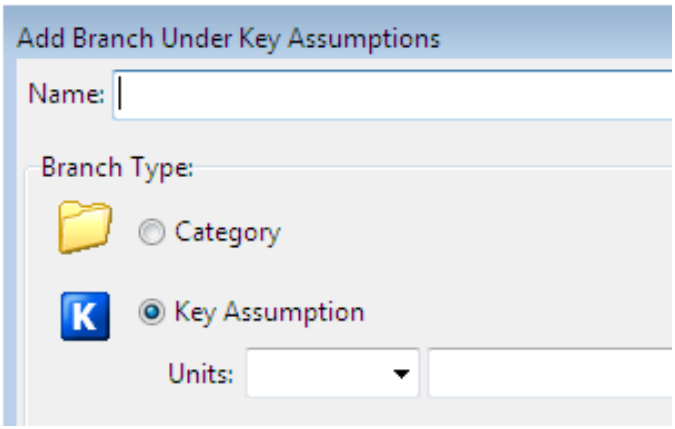
ابزاری برای پردازش لغات محسوب می‌شود که می‌توان برای هر شاخه از درخت، مرجع‌ها را وارد کرد. همچنین برای نوشتن گزارش شخصی از این آیکن استفاده می‌شود.

۴.۲ درخت داده‌ها

همانگونه که اشاره شد، در قسمت analysis view داده‌ها در چهار دسته اصلی قرار داده شده‌اند. در ادامه هر بخش توضیح داده شده است.

۴،۲،۱ فرضیات کلیدی

دسته اول شامل فرضیات اصلی است که به منظور ایجاد متغیرهای سری زمانی استفاده می‌شود. به عنوان نمونه می‌توان در مدل‌سازی قسمت‌های دیگر مثل بخش تقاضا بر اساس این داده‌ها عمل کرد. برای ایجاد واحدها و بخش‌ها در قسمت فرضیات کلیدی با کلیک راست روی گزینه مربوطه پنجره‌ای به صورت زیر نمایش داده می‌شود:



در این قسمت نام زیر بخش مورد نظر وارد می‌شود. گزینه category صرفاً به منظور دسته‌بندی زیربخش‌ها است و نمی‌توان برای آن داده‌ها را مقداردهی کرد. با انتخاب گزینه key assumption می‌توان مقدار داده و

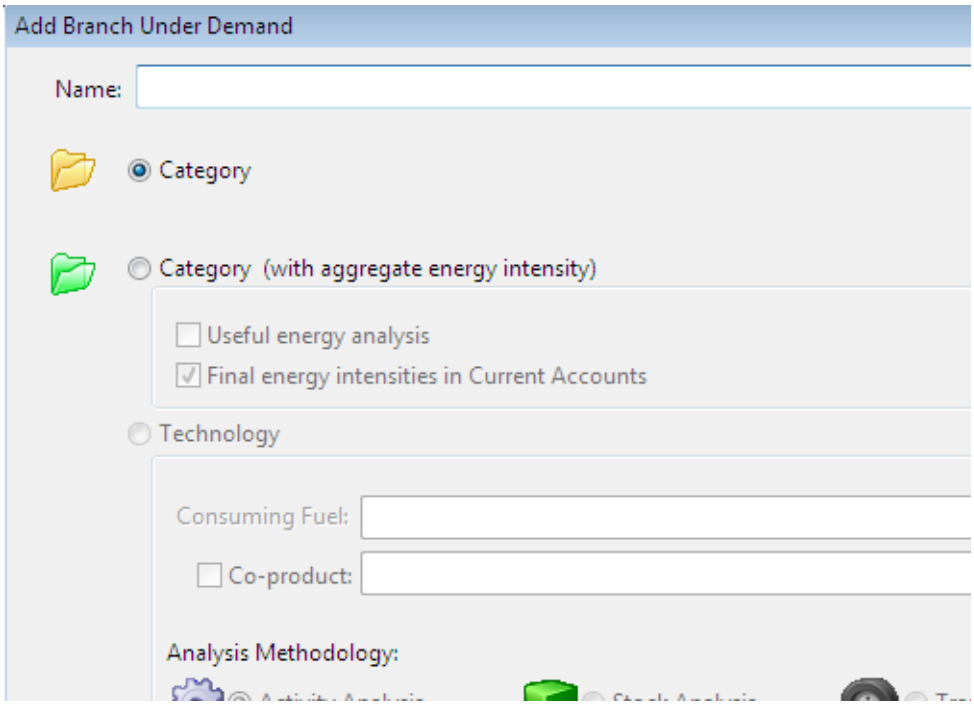
واحد آن را تعیین کرد. متغیرهایی که در این قسمت وارد می‌شوند خروجی برنامه LEAP نخواهند بود. این متغیرها، متغیرهای وسطی هستند که می‌توانند در مدول های تقاضا، انتقال و منابع استفاده شوند.

۴،۲،۲ تقاضا

برای مدل کردن تقاضا در بخش مصرف در یک ناحیه از این قسمت استفاده می‌شود. در این بخش می‌توان داده‌های اقتصادی، تعداد جمعیت و اطلاعات مصرف نهایی را وارد کرد تا سناریوهای مختلفی را بر اساس طریقه مصرف سوخت‌های نهایی در طول زمان در تمام بخش‌های اقتصادی در نظر گرفت. همچنین می‌توان هزینه‌های اقتصادی و محیط‌زیستی استفاده از هر سناریو را نیز بررسی کرد. این بخش، اولین قسمت برای ساختن آنالیز جامع انرژی است چرا که تمام محاسبات بخش‌های انتقال و منابع به وسیله سطوح تقاضای نهایی، که از قسمت آنالیز تقاضا به دست آمده، به جلو برده می‌شود و ادامه می‌یابد.

در این بخش نرم افزار انعطاف‌پذیری خوبی در تشکیل ساختار داده‌های تقاضا دارد. به صورت معمولی، یک ساختار می‌تواند شامل بخش‌های خانگی، صنعتی، حمل و نقل، تجاری و کشاورزی باشد. هر کدام از بخش‌ها می‌تواند به زیر بخش‌های مختلفی تقسیم شود که هر یک از زیر بخش‌ها نشان‌دهنده نوع تکنولوژی مورد استفاده در زیر بخش است.

برای اضافه کردن بخش‌های تقاضا لازم است تا بر روی قسمت تقاضا کلیک راست کرده و گزینه Add را انتخاب کرد. با اینکار پنجره زیر باز می‌شود:

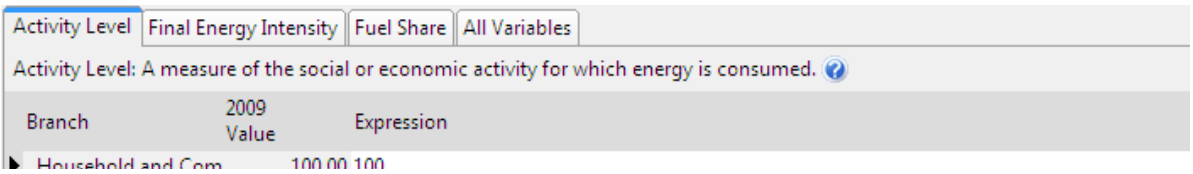


در قسمت مربوطه می‌توان اسم بخش را وارد کرد (به عنوان مثال Industry). در گام بعد لازم است تا نوع بخش انتخاب گردد. در صورتی که نوع Category انتخاب شود تنها هدف دسته‌بندی بخش‌های مربوط به این شاخه است و در این قسمت نمی‌توان داده‌ها را وارد کرد. در صورت انتخاب گزینه دوم، Category (with aggregate energy intensity) ، سه حالت قابل انتخاب خواهد شد:

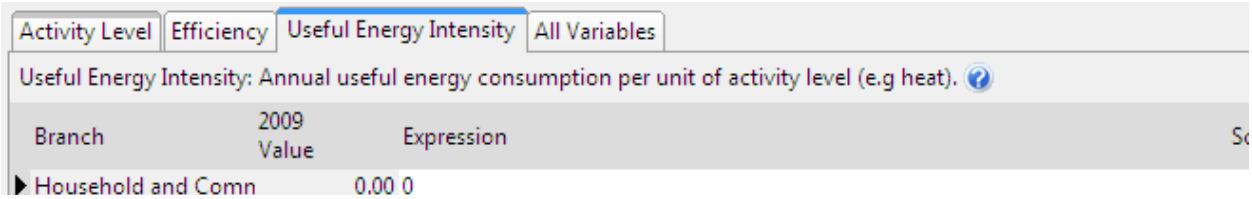
با انتخاب کردن تنها گزینه Category (with aggregate energy intensity)، دو آیکن شامل final energy intensity و share fuel در قسمت جدول ورودی داده‌ها فعال می‌گردد.

در قسمت fuel share سهم هر کدام از سوخت‌ها در تأمین انرژی مورد نیاز هر زیر بخش وارد می‌شود. final energy intensity میزان انرژی مصرف شده سالیانه به ازای واحد سطح فعالیت[10] می‌باشد که میزان انرژی هر کدام از زیر قسمت‌ها به صورت حاصلضرب میزان سطح فعالیت در final energy intensity در سهم سوخت می‌باشد.

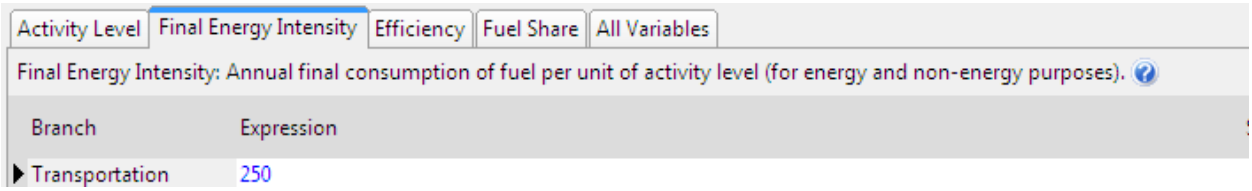
[10] Activity level



در صورت انتخاب گزینه useful energy analysis آیکن‌های useful energy intensity، و Efficiency فعال می‌شود. در این صورت می‌توان تأثیر بازده هر کدام از تجهیزات مورد استفاده در زیربخش‌های مختلف مصرف را نیز در نظر گرفت. علاوه بر این لازم است تا سطح فعالیت را برای هر کدام از سوخت‌ها تعیین کرد.



و نهایتاً در صورتی که هر دو گزینه در قسمت Category (with energy intensity) انتخاب شود آیکن‌های final energy intensity، Efficiency و fuel share فعال می‌شود.



لازم به ذکر است که تفاوت useful energy intensity و final energy intensity در این است که final energy intensity مقدار سوخت استفاده شده در واحد فعالیت را نشان می‌دهد ولی useful energy intensity سنجشی از میزان سرویس انرژی تولید شده در واحد فعالیت است. به عنوان نمونه، مقدار گرمای مورد نیاز برای پخت مقدار useful energy intensity و مقدار چوبی که برای تولید گرما باید بسوزد useful energy intensity است. بسته به اینکه کدام یک از داده‌ها موجود باشد می‌توان از مورد مناسب استفاده کرد.

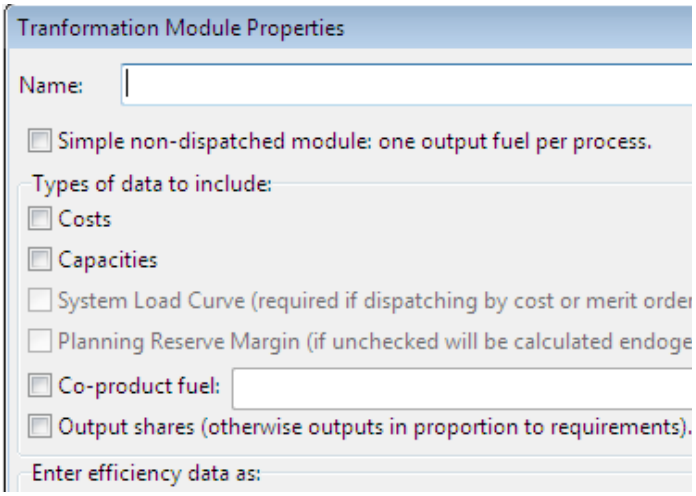
لازم به ذکر است که شاخه‌های بخش تکنولوژی[11] به منظور مشخص کردن تجهیزات مصرف نهایی انرژی و تعیین نوع سوخت مورد استفاده مورداستفاده قرار می‌گیرد. که برای اضافه کردن آن‌ها همانند قبل با کلیک

[11] Technology

راست روی هر کدام از بخش‌های مصرف و انتخاب گزینه Add صفحه‌ای همانند قبل باز می‌شود با این تفاوت که گزینه Technology انتخاب شده است.

۴،۲،۳ بخش انتقال

در بخش انتقال مدول‌های مربوط به انتقال شامل تلفات موجود در سیستم‌های انتقال و توزیع، پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌های برق وجود دارد. برای ایجاد هر کدام از زیر بخش‌های اشاره شده همانند قسمت تقاضا، با کلیک راست روی بخش انتقال و انتخاب گزینه Add پنجره‌ای به صورت زیر باز می‌شود:



در این پنجره می‌توان نام مدول و مشخصات مورد نظر آن را انتخاب کرد در ساده‌ترین حالت، لازم است تا تنها داده بازده در انتهای پنجره انتخاب شود. برای تلفات موجود در سیستم انتقال و توزیع از گزینه losses و برای نیروگاه‌ها می‌توان از گزینه‌های efficiency و یا heat rate استفاده کرد. سپس در قسمت Processes لازم است تا برای هر بخش (شامل تلفات انتقال و توزیع، پالایشگاه‌ها و ...) حامل‌های انرژی اضافه شود و برای هر حامل داده‌های اولیه وارد شود به عنوان نمونه برای بخش‌های تلفات انتقال و توزیع درصد بازده تلفات و برای بخش نیروگاهی سهم هر حامل در تولید برق و نیز بازده هر نیروگاه به عنوان داده‌های ورودی باید وارد نرم افزار گردند.

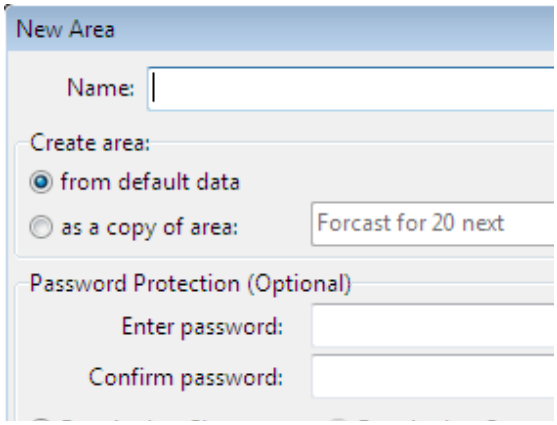
۴،۲،۴ منابع

در بخش منابع که آخرین قسمت در شارش انرژی با شروع از طرف مصرف کننده می‌باشد، حامل‌های اولیه و ثانویه توسط نرم افزار و با توجه به حامل‌های انتخابی در قسمت تقاضا جدا می‌شوند و در این قسمت نشان

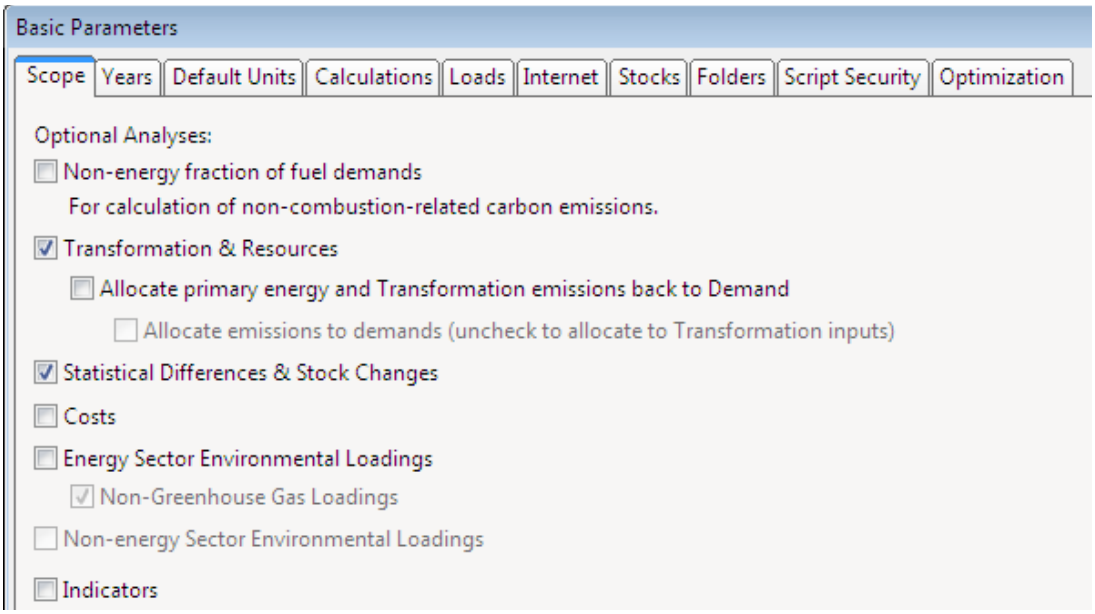
داده می‌شود. تفکیک حامل ها بر اساس پیش فرض حامل‌ها انجام می‌شود. به عنوان نمونه انرژی oil در بخش حامل‌های ثانویه و حامل انرژی crude oil به عنوان حامل اولیه دسته‌بندی خواهد شد. داده‌های مربوط به میزان واردات و صادرات هر حامل را می‌توان در این قسمت وارد کرد (Resource imports و Resource exports). از طرفی در قسمت مربوط به حامل‌های اولیه انرژی، میزان برآورد ذخائر انرژی اولیه را نیز می توان وارد کرد (base year reserves) . به همین ترتیب برای حاملهای ثانویه انرژی، میزان انرژی تولیدی در سال را می توان در بخش Yield وارد کرد.

۵ ساختن پروژه

برای ساختن پروژه جدید با کلیک کردن بر روی گزینه new، پنجره‌ای به صورت زیر باز می‌شود که می‌توان با انتخاب نام برای پروژه جدید، آن را ساخت.



در اولین باری که پروژه جدید باز می‌شود برنامه پیشنهاد می‌دهد تا تنظیمات اصلی انجام شود. برای دسترسی به این پنجره می‌توان از گزینه Generals در منوی اصلی Basic parameters را انتخاب کرد. در این صورت پنجره‌ای به صورت زیر باز می‌شود:



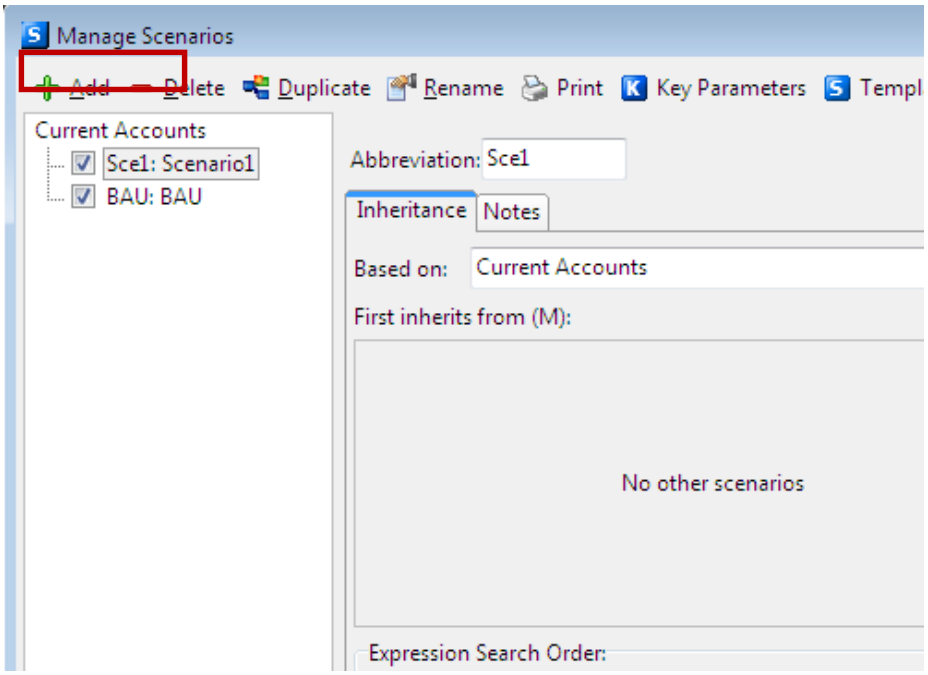
در این قسمت می‌توان مشخص کرد که پروژه کدام یک از مدول‌ها را در نظر می‌گیرد (در قسمت scope انتخاب می‌شود) با انتخاب آن‌ها، مدول‌های مورد نظر در قسمت درخت داده‌ها نشان داده می‌شود. اساسی‌ترین بخشی که باید انتخاب شده باشد گزینه transformation and resources است که انتخاب آن باعث فعال شدن مدول‌های اصلی (فرضیات کلیدی، تقاضا، انتقال و منابع) می‌شود.

همچنین در این پنجره می‌توان سال مبنای برنامه‌ریزی، سال افق برنامه‌ریزی و نیز سال مربوط به محاسبات هزینه را در بخش years تعیین کرد.

لازم به ذکر است که نرم افزار پروژه ساخته شده را در مسیر پیش فرض خود (داخل my documents در ویندوز XP و documents در ویندوز ۷) با عنوان LEAP Area ذخیره می‌کند.

۶ ساختن سناریو:

برای ساختن سناریوهای مختلف، بر روی گزینه manage scenarios کلیک کرده (این گزینه در بالای جدول ورودی داده‌ها قرار دارد) که با این‌کار پنجره زیر باز می‌شود:

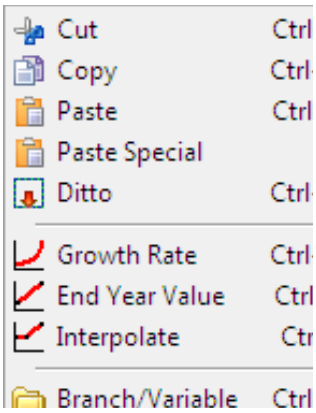


با استفاده از گزینه‌های اصلی که در منو آورده شده است می‌توان سناریو جدیدی را اضافه کرد (با گزینه Add)، سناریو را حذف کرد (با گزینه Delete) نام سناریو را تغییر داد (با گزینه Rename) و ....

در هنگام اضافه کردن سناریو، سناریو جدید بر اساس داده‌های شاخه اصلی ساخته می‌شود به این ترتیب که در پنجره قبل سناریوهای Scenario 1 و BAU زیر بخشی از current accounts محسوب می‌شوند و مقدار اولیه هر سناریو همانند current accounts خواهد بود.

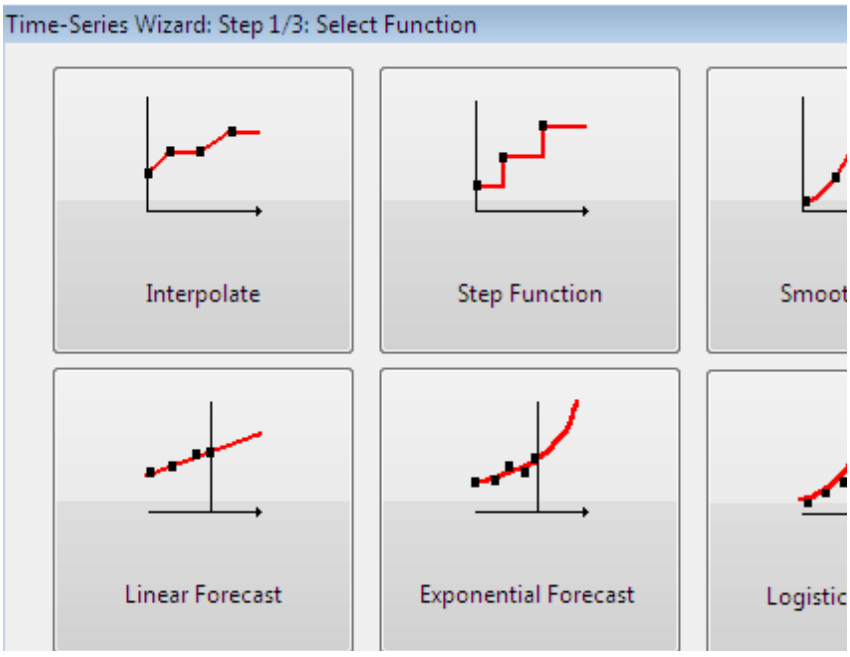
۷ پیش‌بینی داده‌ها:

همانگونه که قبلاً اشاره شد نرم افزار قابلیت پیش‌بینی کردن داده‌ها را داراست برای این منظور باید از Expression Builder (E) استفاده کرد. این گزینه در قسمت Expression در جدول ورودی داده‌ها وجود دارد که با کلیک روی آن پنجره‌ای به صورت زیر باز می‌شود:



به جز گزینه‌هایی که دارای کاربرد معلومی هستند (و در اولین قسمت پنجره قرار گرفته‌اند)، گزینه‌های موجود در بخش دوم پنجره، سه نوع تابع رایج و معمول مورد استفاده در پیش‌بینی محسوب می‌شوند که برای استفاده راحت‌تر در اینجا قرار گرفته است. می‌توان برای دسترسی به بقیه توابع دیگر همانند پیش‌بینی خطی از گزینه functions استفاده کرد.

گزینه Time-Series Wizard برای وارد کردن ساده داده‌های سری زمانی می‌باشد. با انتخاب این گزینه پنجره‌ای به صورت زیر باز می‌شود:



برای نوع پیش‌بینی می‌توان یکی از ۶ حالت توابع پیش‌بینی نشان داده شده در پنجره را انتخاب و روی گزینه next کلیک کرد تا به مرحله بعد برود در مرحله بعد می‌توان انتخاب کرد که آیا داده‌های مربوط به گذشته را به صورت دستی و از طریق keyword وارد می‌شود و یا از طریق لینک به نرم افزار excel. بعد از وارد کردن داده‌ها، در قسمت expression در نرم افزار، تابع انتخاب شده و داده‌ها نشان داده می‌شود که برای سال‌های بعد از آن مقادیر پیش‌بینی را می‌توان در جدول (که در زیر جدول ورودی داده‌ها قرار دارد) ملاحظه کرد.

علاوه بر این، ممکن است که مقادیر پیش‌بینی از قبل آماده باشد (که می‌تواند با استفاده از روش‌های مختلف از قبل تولید شده باشد). در این صورت با انتخاب گزینه Data در پنجره Time-Series Wizard همانند قبل می‌توان داده‌های پیش‌بینی شده را از دو طریق keyword و یا excel وارد کرد. در این حالت تنها داده‌های پیش‌بینی شده به عنوان ورودی به نرم افزار وارد می‌شود و نرم افزار کار پیش‌بینی را انجام می‌دهد.

۸ قابلیت‌های دیگر نرم افزار

موارد اشاره شده در بالا حداقل‌های مورد نیاز برای کار با نرم افزار است. مشخص است که نرم افزار دارای قابلیت‌های بیشتری می‌باشد که از جمله آن‌ها مدل کردن و بررسی تأثیر محیط زیست و بررسی اقتصادی سناریوها است. برای فعال کردن آنها از بخش basic parameters (که در قسمت General وجود دارد) می‌توان آیکن‌های مربوط به هزینه‌ها و محیط‌زیست را فعال کرد.

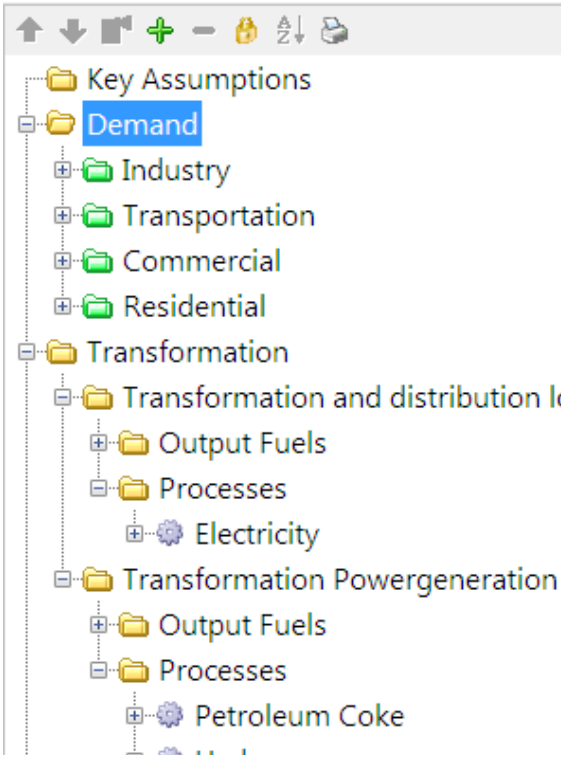
برای داشتن اطلاعات بیشتری در مورد نرم افزار لیپ می‌توانید به فایل راهنمای آن که در سایت لیپ موجود می‌باشد مراجعه کنید.

پیوست ۱

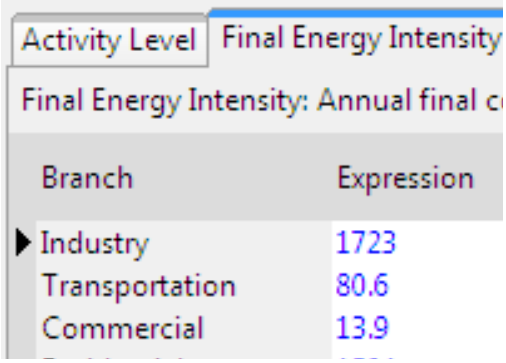
هدف مدل کردن ترازنامه نمونه زیر در نرم افزار لیپ می‌باشد:

شرح	نفت	زغال سنگ	انرژی آبی	برق	چوب	بایومس	جمع کل
تولید	۰	۰	۹۶/۱	۰	۳۰۲۹	۸۳/٤	۳۲۰۸/۵
واردات	۱٤۸/۷	۳۱/۲	۰	۰	۰	۰	۱۷۹/۹
عرضه کل	۱٤۸/۷	۳۱/۲	۹٦/۱	۰	۳۰۲۹	۸۳/٤	۸۷٦
نیروگاه ها	-۱/۳	۰	-۹٦/۱	۹۷/۷	۰	۰	۰
تلفات انتقال و	۰	۰	۰	۲/۸	۰	۰	۲/۸
کل مصرف	۱٤۷/٤	۳۱/۲	۰	۲۹/۵	۳۰۲۹	۸۳/٤	۳۳۲۰/۳
صنعت	٦۰/٤	۲۹/٦	۰	۲۱/٦	۱۵۲۷	۸۳/٤	۱۷۲۳
حمل و نقل	۸۰/٦	۰	۰	۰	۰	۰	۸۰/٦
تجاری	۰/۱	۱/٦	۰	۳/۲	۹	۰	۱۳/۹
خانگی	٦/۳	۰	۰	٤/۷	۱٤۹۳	۰	۱۵۰٤

برای اینکار باید متناسب با زیر بخش‌های موجود در بخش مصرف بخش تقاضا را ساخت. زیر بخش انتقال در نرم افزار نیز با توجه به بخش انتقال جدول ترازنامه تکمیل می‌شود که باید شامل بخش‌های تلفات انتقال و توزیع و نیروگاه‌ها باشد.



داده‌ها در هر زیر بخش باید متناسب با مقادیر موجود در ترازنامه انتخاب گردد که در ادامه نشان داده شده است. جدول مقادیر مربوط به میزان مصرف نهایی برای هر زیر بخش مصرف در زیر آورده شده است:



و داده‌های مربوط به هر زیر بخش به صورت زیر وارد شده است:

بخش صنعت:

Activity Level | Final Energy Intensity | Fuel Share | All Variables

Fuel Share: Device's share of total annual energy used in all neighboring

Branch	Fuel	Expression
petroleum products	Petroleum Coke	3.51
Coal	Coal Bituminous	1.72
Electricity	Electricity	1.25
hydro	Hydro	0
fuel wood	Wood	88.62
biomass	Biomass	4.9

بخش حمل و نقل:

Activity Level | Final Energy Intensity | Fuel Share | All Variables

Fuel Share: Device's share of total annual energy used in all neighboring d

Branch	Fuel	Expression
petroleum products	Petroleum Coke	100
Coal	Coal Bituminous	0
Electricity	Electricity	0
hydro	Hydro	0
fuel wood	Wood	0
biomass	Biomass	0

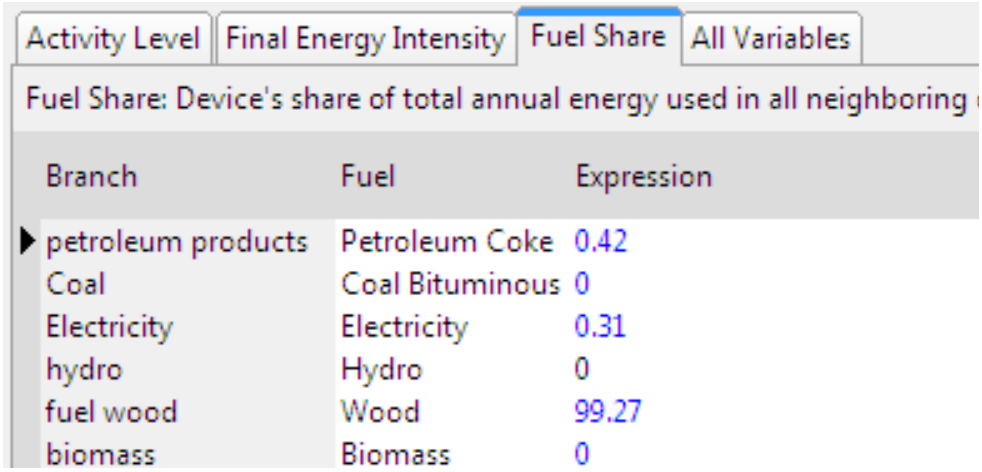
بخش تجاری:

Activity Level | Final Energy Intensity | Fuel Share | All Variables

Fuel Share: Device's share of total annual energy used in all neighboring

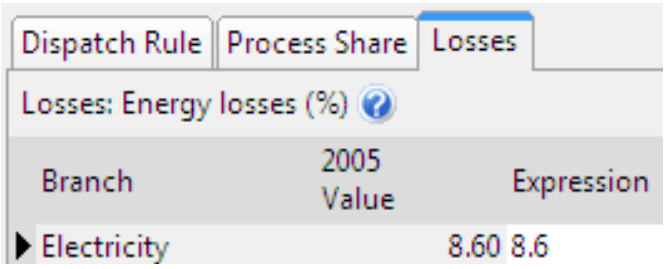
Branch	Fuel	Expression
Coal	Coal Bituminous	11.51
petroleum products	Petroleum Coke	0.72
Electricity	Electricity	23.02
hydro	Hydro	0
fuel wood	Wood	64.75
biomass	Biomass	0

بخش خانگی:

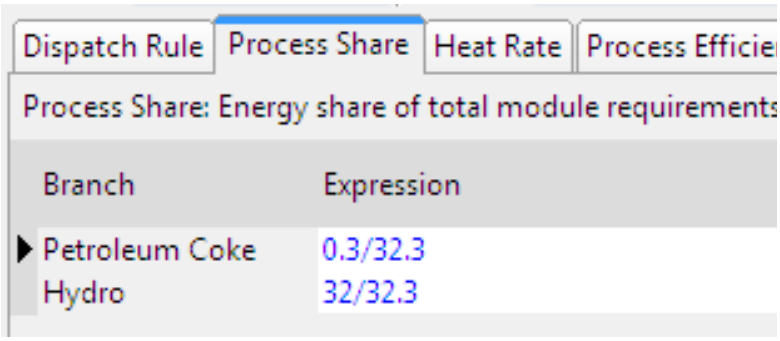


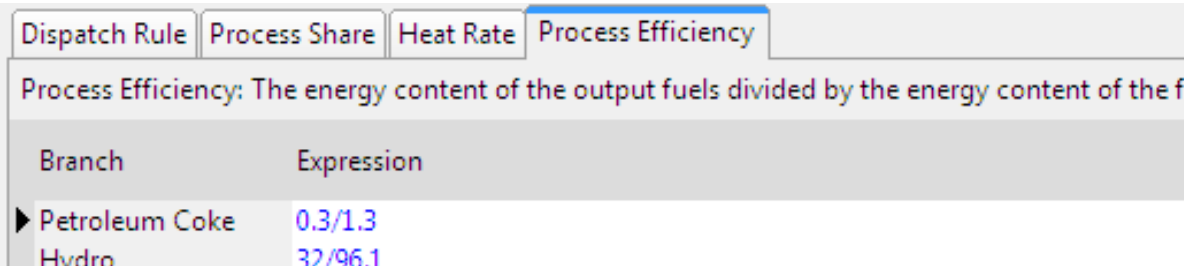
برای بخش انتقال داده‌ها به صورت زیر وارد شده است.

بخش تلفات انتقال و توزیع:

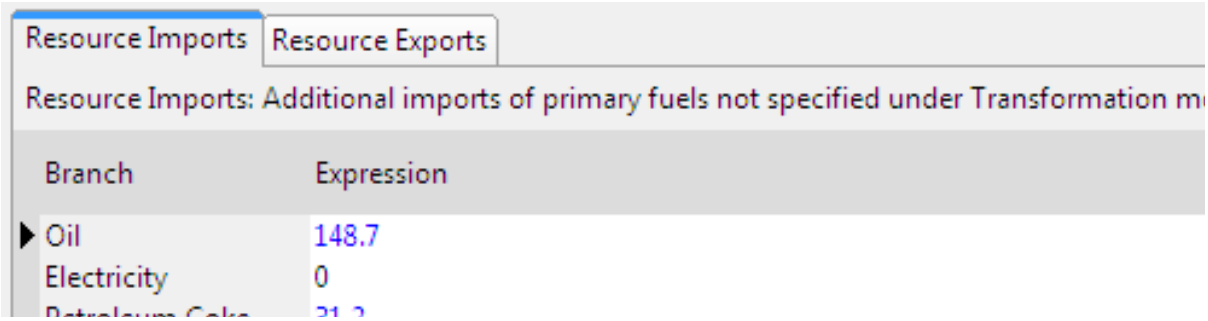


بخش نیروگاهی:





نهایتاً در قسمت منابع انرژی باید میزان واردات را وارد کرد:



با اجرای برنامه، ترازنامه انرژی به صورت زیر نمایش داده می‌شود.

Energy Balance for

Scenario: BAU, Year: 2005 (Ba

	Solid Fuels	Hydropower	Biomass	Electricity	Oil Products	Total
Production	0	0	0	0	0	0
Imports	0	0	0	31.8	152.9	184.7
Exports	0	0	0	0	0	0
Total Primary Supply	0	0	0	31.8	152.9	184.7
Transformation Powergeneration	0	-95.7	0	0.3	-1.3	-96.7
Transformation and distribution losses	0	0	0	-2.8	0	-2.8
Total Transformation	0	-95.7	0	-2.4	-1.3	-99.4
Industry	29.6	0	1,611.3	21.5	60.5	1,723.0
Transportation	0	0	0	0	80.6	80.6
Commercial	1.6	0	9.0	3.2	0.1	13.9