سازمان مديريت صنعتي

(Industrial Management Institute)

پروژه عملي

كاربرد برنامه ريزي رياضي در تصميم گيري

موضوع مطالعاتي٤ : بهينه سازي تركيب سيمان با توجه به

هزينه مواد اوليه و برنامه ريزي توليد محصول

راهنما : دكتر سهيل سعدي نژاد

تكميل و تنظيم : محمد حسين لطف اله همداني

تهيه كنندگان :

حسين پور رحيم، محمدرضا جعفرزاده، حميد رضا اميني

بهمن۱۳۸۰

۱ - طرح مسئله :

از جهت اين كه صنعت سيمان در تقسيم بندي صنايع در مقياس هاي بزرگ تعريف مي شود و سيمان يك محصول استراتژيك براي هر كشور بوده و مصرف سيمان يكي از شاخص هاي توسعه يافتگي هر كشور به شمار مي‌رود بنابراين ضروري است تا مديران اين صنعت نيز برنامه ريزي دقيقي از جهت حداقل نمودن هزينه مواد اوليه از طريق بهينه سازي تركيب سيمان و برنامه ريزي توليد داشته باشند.

مواد اوليه سيمان سنگ هاي معدني است كه بطور مستقيم از طبيعت استخراج مي شود. منشاء اين سنگ‌ها عمدتاً رس يا مارل رسي- آهك يا مارل آهكي - آهن - بوكسيت يا رس آلوميني است. عوامل مرتبط با استخراج اين سنگ ها و فاصله حمل آن تا كارخانه از فاكتورهاي تعيين قيمت مي‌باشد. هرچه نياز به آتشباري و فاصله حمل تا محل بيشتر باشد و از سوي ديگر نحوه حمل يكسان فرض شود، قيمت تمام شده سنگ بيشتر و لذا باعث افزايش قيمت سيمان مي شود. اين مسئله همواره مورد توجه مديران واحدهاي توليدي سيمان بوده و درخصوص اين موضوع نيز بهينه سازي جهت كاهش هزينه صورت پذيرفته است.

باتوجه به نوع سيمان مطلوب بازار در هر منطقه، تركيبي از اين سنگ ها بكار مي رود تا بتواند فاكتورهاي تنظيمي سيمان را ايجاد كند. مطلبي كه در اين پروژه به بحث گرفته ايم، بهينه‌سازي قيمت و تركيب مورد نظر است به نحوي كه نياز بازار تامين شده و سنگ هاي معدني مورد استفاده با حداقل قيمت، تركيب و تنظيم شوند. بنابراين :

الف : تعيين بهترين تركيب نوع سيمان با حداقل هزينه مواد اوليه
ب : برنامه ريزي توليد سالانه محصول سيمان

با توجه به موارد طرح مسئله و با هدف حداقل نمودن هزينه ها (و افزايش سود) مسئله مدلسازي مي شود.

بخش اول : تعيين بهترين تركيب نوع سيمان با حداقل هزينه مواد اوليه
در اين بخش براي هر تيپ سيمان، مدلي ارائه مي شود كه هدف آن يافتن تركيب توليد بهينه با حداقل هزينه واحد محصول مي باشد.

۲ – مفروضات و محدوديت هاي مسئله :

مفروضات مسئله :

سيمان با عناصر چهارگانه اي توليد مي شود كه در سنگ معدن كارخانه سيمان X به شرح جدول شماره ۱، موجود مي باشند.

جدول شماره ۱

تركيبات	سنگ مارل	سنگ آهك	سنگ آهن	سنگ بوكسيت
CaO	۳۷/۱۲	۵۳/۸	۵/٤۵	۱/۸۲
AL_2O_3	۳/۰۲	۰/۱٤	۸/۷۳	۵۰/۹
Fe_2O_3	۱/۹۱	۰/۰۵	٤۲/۹۵	۰/٤۱
SiO_2	۲۱/۷	۱/۳۳	۳۲/۰۳	۳۱/۲
قيمت براي يك تن (به ريال)	۱۷۰٦۷	۹۰۵۰	٤٤۱۸۲	۱۰۵۰۰۰

ظرفيت توليد كارخانه سه هزار تن سيمان در روز بوده (m) و كاركرد سالانه واحد سيصد روز تعريف شده است. ضريب تبـديل مـواد خـام بـه سيمان ، ۰/٦٥ است زيرا در اثر كلسيناسيون CO_2 مواد متصاعد شده از هريك تن مواد خام، ٦٥۰ كيلوگرم سيمان (پس از فرآيند پخت كلينكر) حاصل مي‌شود. همچنين قيمت فروش سيمان به شرح جدول شماره ۲ مي باشد.

جدول شماره ۲

	تيپ	قيمت هر تن به ريال
n	I^1	۱٤۰۰۰۰
o	II^2	۱٤۲۰۰۰
p	V^3	۱٥۲۰۰۰

نياز روزانه بازار به شرح جدول شماره ۳ است.

جدول شماره ۳

	تيپ	تــن
q	I	كمتر از ۱٥۰۰
r	II	كمتر از ۲٥۰۰
s	V	كمتر از ۷۰۰

محدوديت هاي مسئله :

۱ - محدوديت هاي تركيبي

ويژگي‌هايي وجود دارد كه در هرنوع سيمان تيپ I ، II و V بايد وجود داشته باشد. مثلاً مقاومت و اثرات شيميايي سيمان كـه برحـسب نـوع سيمان متفاوت هستند و براي تنظيم شرايط و حصول كيفيت‌هاي قابل پيش بيني محدوديت هاي تركيبي زير رعايت مي شوند.

محدوديت C_3A مواد خام :

(a) $C_3A = ٤/۰۷\ Al_2O_3 - ۲/٦\ Fe_2O_3$

اين محدوديت مقاومت شيميايي سيمان را در مقابل سولفات ها، كلر و ... افزوده و مشخص مي كند.

(b) تيپ I $C_3A > ۸$

(c) تيپ II $٥ < C_3A < ۸$

(d) تيپ V $۰ < C_3A < ٥$

۱- سيمان پرتلند معمولي (تيپ I) : اين سيمان جهت كارهاي عمومي ساختمان استفاده مي‌شود.

۲- سيمان پرتلند نوع ۲ (تيپ II) : اين سيمان در مواضع و سازه هايي كه ايجاد حرارت نسبتاً كمي در آنها مطلوب مي باشد، استفاده مي شود و مقاومت متوسطي در برابر سولفات ها دارد.

۳- سيمان پرتلند نوع ٥ (تيپ V) : اين سيمان داراي خاصيت مقاومت بالا در برابر سولفات بوده و در انـواع سـاختمان هـاي بتنـي كـه امكـان تماس با خاك‌ها و آبهاي زيرزميني حاوي مقادير زياد سولفات ها باشد استفاده مي شود.

محدوديت C_3S مواد خام :

اين محدوديت مقاومت فشاري و خمشي سيمان را تعيين مي كند. اين فاكتور بايد بين۵۰ و۶۰ قرار گيرد(e). در صورت وجود C_3S كمتـر از ۵۰، مقاومت سيمان از حد استاندارد كمتر شده و درصورت وجود C_3S بيشتر از۶۰ ، حرارت هيدراتاسيون سيمان بـالا بـوده و تركهـايي در بـتن ايجاد مي كند كه باعث افت شديد مقاومت مي شود. براي سيمان نوع V حد بالايي محدوديت، ۱۰۰ مي باشد.

(f) $C_3S = ۶/۲۶CaO - ۱۱/۷\ SiO_2 - ۱۰/۳۳AL_2O_3 - ۲/۲Fe_2O_3$

۲ - محدوديت هاي پخت :

فاكتورهاي LSF^1 ، AM^2 و SM^3، فاكتورهاي پخت سيمان نام دارند. در دامنه مشخص شده زير، بهترين شـرايط پخـت سـيمان وجـود دارد كمتر و بيشتر از آن آثار منفي بسيار زيادي بر پخت و آستر نسوز كوره به همراه مي آورد.

$$(g) LSF = \frac{CaO}{2.81SiO_2 + 1.18Al_2O_3 + 0.65Fe_2O_3}$$

$$(h) AM = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$$

$$(i) SM = \frac{SiO_2}{Fe_2O_3 + Al_2O_3}$$

دامنه تعريف شده براي تنظيم فاكتورها عبارتند از :

$$(j) 0.94 \le LSf \le 0.98$$

$$(k) 1.2 \le AM \le 1.5$$

(براي تيپ V $1 < AM$)

$$(l) 2.4 \le SM \le 2.6$$

۱- فاكتور اشـباع آهـك (LSF)، حـداكثر مقـدار آهـك اصـلي، CaO، اسـت كـه مـي توانـد بـا اكـسيدهاي اسـيدي Fe_2O_3 و SiO_2 و Al_2O_3 مينرال هاي كلينكر سيمان را بوجود آورد. هرچقدر مقدار آهك اشباع شده بيشتر باشد، آهك بيشتري مي تواند تا به ميـزان۱۰۰% تركيـب گردد و هرچقدر مينرال C_3S به مقدار بيشتري در تركيب وجود داشته باشد مقاومت بالقوه سيمان بالاتر است حال اگر مقدار اشـباع آهـك بيشتر از ۱۰۰% باشد، آهك بصورت آزاد بوده و كيفيت نهايي سيمان را كاهش مي دهد.

۲- فاكتور AM (آلومينات) نسبت Al_2O_3 به Fe_2O_3 است و مقدار CAF و C_3A در كلينكر را كنترل مي كند ايـن فـاكتور يكـي از مهمتـرين فاكتورهاي توليد سيمان ضد سولفات (SRC) به شمار مي رود. اين سيمان ها بايد داراي C_3A پايين باشند و با كاهش دادن مدول آلومينا به كمتر از يك، بدست مي آيند.

۳- فاكتور SM (سليس) نسبت SiO_2 به مجموع Al_2O_3 و Fe_2O_3 است. اين فاكتورها مقدار افزايش مقاومت مينرال هاي سيليكات در كلينكر را كنترل مي كند. هر چه مدول سليس بالاتر باشد مقاومت نيز افزايش مي يابد.

۳ – مدل سازي برنامه :

هدف :

با توجه به موارد طرح مسئله، مفروضات و محدوديت هاي مطرح شده، طراحي برنامه توليد با حداكثرشدن تفاوت قيمت فروش و قيمت مواد اوليه (و با استفاده از روش برنامه ريزي خطي)، هدف اين مسئله است.

متغيرهاي تصميم گيري :

Xi = درصد سنگ نوع i ام بوكسيت = ٤ ، آهن = ۳ ، آهك = ۲ ، مارل = ۱ :i

ضرايب :

Ci = قيمت يك تن سنگ نوع i ام به ريال بوكسيت = ٤ ، آهن = ۳ ، آهك = ۲ ، مارل = ۱ : i

همچنين با توجه به جدول شماره ۱، معادلات چهارگانه كلي زير را خواهيم داشت.

كلي $CaO = ۳۷/۱۲X_1 + ۵۳/۸X_2 + ۵/٤۵X_3 + ۱/۸۲X_4$

كلي $AL_2O_3 = ۳/۰۲X_1 + ۰/۱٤X_2 + ۸/۷۳X_3 + ۵۰/۹X_4$

كلي $Fe_2O_3 = ۱/۹۱X_1 + ۰/۰۵X_2 + ۸/۷۳X_3 + ۰/٤۱X_4$

كلي $SiO_2 = ۲۱/۷X_1 + ۱/۳۳X_2 + ۳۲/۰۳X_3 + ۳۱/۲X_4$

۳-۱ - مدل مربوط به درصد تركيب بهينه مخلوط سيمان تيپ I با توجه به هزينه مواد اوليه

تابع هدف برنامه عبارتست از :

$Min : ۱۷۰٦۷X_1 + ۹۰۵۰X_2 + ٤٤۱۸۲X_3 + ۱۰۵۰۰۰X_4$

نحوه محاسبه فرمول بالا : هزينه يك تن سنگ نوع iام(C_1)× درصد سنگ نوع X_1ام i + $X_۲$ ×...

st :

با جايگزاري معادلات چهارگانه كلي در معادله (g) و رعايت محدوديت (J) داريم (محدوديت هاي مرتبط با فاكتورLSF) :

$۲۷/۳۳X_1 – ٤۹/۹٤X_2 + ۱۲۰/۲X_3 + ۱٤۳/۲X_4 > 0$ (Cons.1)

$۲٤/۷X_1 – ۵۰/۱X_2 + ۱۱۵X_3 + ۱۳۷/۳X_4 < 0$ (Cons.2)

با جايگزيني معادلات چهارگانه كلي در معادله (h) و رعايت محدوديت (k) داريم (محدوديت هاي مرتبط با فاكتورAM) :

$۰/۱۵۵X_1 + ۰/۰٦۵X_2 – ۵۵/۷X_3 + ۵۰/۳X_4 < 0$ (Cons.3)

$۰/۷۳X_1 + ۰/۰۸X_2 – ٤۲/۸۱X_3 + ۵۰/٤X_4 > 0$ (Cons.4)

با جايگذاري معادلات چهارگانه كلي در معادله (i) و رعايت محدوديت (l) داريم (محدوديت هاي مرتبط با فاكتورSM) :

$۹/۸۷X_1 + ۰/۸۷X_2 – ۹۲X_3 – ۹۱/۹۵ X_4 > 0$ (Cons.5)

$۸/۹X_1 + ۰/۸٤X_2 – ۱۰۲/٤X_3 – ۱۰۲/۲X_4 < 0$ (Cons.6)

با جايگذاري معادلات چهاگانه كلي در معادله (f) و رعايت حدود محدوديت مرتبط با مقاومت فشاري و خمشي سيمان(e) داريم (C_3S):

$-۵۶/۹X_1 + ۳۱۹/۷X_2 - ۵۲۵/۳X_3 - ۸۸۰/۳X_4 > ۵۰$ (Cons.7)

$-۵۶/۹X_1 + ۳۱۹/۷X_2 - ۵۲۵/۳X_3 - ۸۸۰/۳X_4 < ۶۰$ (Cons.8)

براي تيپI، با جايگذاري معادلات چهارگانه كلي درمعادله (a) و رعايت محدوديت (b) مرتبط با مقاومت شيميائي سيمان (C_3A) داريم :

$۷/۳۳X_1 + ۰/۴۴X_2 - ۷۶/۱۴X_3 + ۲۰۶/۱X_4 > 8$ (Cons.10)

توجه : براي يكسان بودن تعداد محدوديت ها در سه نوع تيپ محصول سيمان و در صورت نياز جهت بررسي مقايسه اي، محدوديت ۹ براي سيمان تيپ I بصورت $0 X_1 +0 X_2 +0 X_3 +0 X_4 = 0$ (Cons.9) تعريف شده است.

و در كل بايد رابطه زير بين عناصر شيميايي تشكيل دهنده سيمان برقرار باشد.

$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = 1$ (Cons.11)

۲-۳- مدل مربوط به درصد تركيب بهينه مخلوط سيمان تيپ II با توجه به هزينه مواد اوليه

تابع هدف برنامه عبارتست از :

Min : $۱۷۰۶۷X_1 + ۹۰۵۰X_2 + ۴۴۱۸۲X_3 + ۱۰۵۰۰۰X_4$

st :

با جايگزاري معادلات چهارگانه كلي در معادله (g) و رعايت محدوديت (J) داريم (محدوديت هاي مرتبط با فاكتورLSF) :

$۲۷/۳۳X_1 - ۴۹/۹۴X_2 + ۱۲۰/۲X_3 + ۱۴۳/۲X_4 > 0$ (Cons.1)

$۲۴/۷X_1 - ۵۰/۱X_2 + ۱۱۵X_3 + ۱۳۷/۳X_4 < 0$ (Cons.2)

با جايگزيني معادلات چهارگانه كلي در معادله (h) و رعايت محدوديت (k) داريم (محدوديت هاي مرتبط با فاكتورAM) :

$۰/۱۵۵X_1 + ۰/۰۶۵X_2 - ۵۵/۷X_3 + ۵۰/۳X_4 < 0$ (Cons.3)

$۰/۷۳X_1 + ۰/۰۸X_2 - ۴۲/۸۱X_3 + ۵۰/۴X_4 > 0$ (Cons.4)

با جايگذاري معادلات چهارگانه كلي در معادله (i) و رعايت محدوديت (l) داريم (محدوديت هاي مرتبط با فاكتورSM) :

$۹/۸۷X_1 + ۰/۸۷X_2 - ۹۲X_3 - ۹۱/۹۵ X_4 > 0$ (Cons.5)

$۸/۹X_1 + ۰/۸۴X_2 - ۱۰۲/۴X_3 - ۱۰۲/۲X_4 < 0$ (Cons.6)

با جايگذاري معادلات چهاگانه كلي در معادله (f) و رعايت حدود محدوديت مرتبط با مقاومت فشاري و خمشي سيمان(e) داريم (C_3S):

$-۵۶/۹X_1 + ۳۱۹/۷X_2 - ۵۲۵/۳X_3 - ۸۸۰/۳X_4 > ۵۰$ (Cons.7)

$-۵۶/۹X_1 + ۳۱۹/۷X_2 - ۵۲۵/۳X_3 - ۸۸۰/۳X_4 < ۶۰$ (Cons.8)

براي تيپ II، باجايگذاري معادلات چهارگانه كلي درمعادله (a) و رعايت محدوديت(c) مرتبط با مقاومت شيميائي سيمان (C_3A) داريم :

$۷/۳۳X_1 + ۰/٤٤X_2 – ۷٦/۱٤X_3 + ۲۰٦/۱X_4 > 5$ (Cons.9)

$۷/۳۳X_1 + ۰/٤٤X_2 – ۷٦/۱٤X_3 + ۲۰٦/۱X_4 < 8$ (Cons.10)

و در كل بايد رابطه زير بين عناصر شيميايي تشكيل دهنده سيمان برقرار باشد.

$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = 1$ (Cons.11)

۳ - ۳ - مدل مربوط به درصد تركيب بهينه مخلوط سيمان تيپ V با توجه به هزينه مواد اوليه

تابع هدف برنامه عبارتست از :

Min : $۱۷۰٦۷X_1 + ۹۰۵۰X_2 + ٤٤۱۸۲X_3 + ۱۰۵۰۰۰X_4$

st :

با جايگزاري معادلات چهارگانه كلي در معادله (g) و رعايت محدوديت (J) داريم (محدوديت هاي مرتبط با فاكتورLSF) :

$۲۷/۳۳X_1 – ٤۹/۹٤X_2 + ۱۲۰/۲X_3 + ۱٤۳/۲X_4 > 0$ (Cons.1)

$۲٤/۷X_1 – ۵۰/۱X_2 + ۱۱۵X_3 + ۱۳۷/۳X_4 < 0$ (Cons.2)

با جايگزيني معادلات چهارگانه كلي در معادله (h) و رعايت محدوديت (k) داريم (محدوديت هاي مرتبط با فاكتورAM) :

$۰/۱۵۵X_1 + ۰/۰٦۵X_2 – ۵۵/۷X_3 + ۵۰/۳X_4 < 0$ (Cons.3)

$۱/۱۱X_1 + ۰/۰۹X_2 – ۳٤/۲۲X_3 + ۵۰/٤۹X_4 > 0$ (Cons.4)

با جايگذاري معادلات چهارگانه كلي در معادله (i) و رعايت محدوديت (l) داريم (محدوديت هاي مرتبط با فاكتورSM) :

$۹/۸۷X_1 + ۰/۸۷X_2 – ۹۲X_3 – ۹۱/۹۵ X_4 > 0$ (Cons.5)

$۸/۹X_1 + ۰/۸٤X_2 – ۱۰۲/٤X_3 – ۱۰۲/۲X_4 < 0$ (Cons.6)

با جايگذاري معادلات چهاگانه كلي در معادله (f) و رعايت حدود محدوديت مرتبط با مقاومت فشاري و خمشي سيمان(e) داريم (C_3S):

$– ۵٦/۹X_1 + ۳۱۹/۷X_2 – ۵۲۵/۳X_3 – ۸۸۰/۳X_4 > ۵۰$ (Cons.7)

$– ۵٦/۹X_1 + ۳۱۹/۷X_2 – ۵۲۵/۳X_3 – ۸۸۰/۳X_4 < ۱۰۰$ (Cons.8)

براي تيپV، باجايگذاري معادلات چهارگانه كلي درمعادله (a) و رعايت محدوديت (d) مرتبط با مقاومت شيميائي سيمان (C_3A) داريم :

$۷/۳۳X_1 + ۰/٤٤X_2 – ۷٦/۱٤X_3 + ۲۰٦/۱X_4 > 0$ (Cons.9)

$۷/۳۳X_1 + ۰/٤٤X_2 – ۷٦/۱٤X_3 + ۲۰٦/۱X_4 < 5$ (Cons.10)

و در كل رابطه زير بين عناصر شيميايي تشكيل دهنده سيمان برقرار است.

$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = 1$ (Cons.11)

٤ - حل مدل، تفسير نتايج و تحليل حساسيت :

اطلاعات مدل با استفاده از نرم افزار DS و WinQsb مورد پردازش قرار گرفته و نتايج حاصل از طريق برنامه Excel ارائه شده است.

١- ٤ - حل مدل تعيين درصد تركيب سيمان تيپI با حداقل شدن هزينه خريد مواد اوليه

DS

جدول شماره ٤

Linear Programming

	X1	X2	X3	X4		RHS	DUAL
Minimize	17067	9050	44182	105000			
Constraint 1	27.33	-49.94	120.2	143.2	>=	0	0
Constraint 2	24.7	-50.1	115	137.3	<=	0	0
Constraint 3	0.155	0.065	-55.7	50.3	<=	0	1694.057
Constraint 4	0.73	0.08	-42.81	50.4	>=	0	0
Constraint 5	9.87	0.87	-92	91.95	>=	0	0
Constraint 6	8.9	0.84	-102.4	-102.2	<=	0	0
Constraint 7	-56.9	319.7	-525.3	-880.3	>=	50	0
Constraint 8	-56.9	319.7	-525.3	-880.3	<=	60	6.254249
Constraint 9	0	0	0	0	=	0	0
Constraint 10	7.33	0.44	-76.14	206.1	>=	8	-843.8484
Constraint 11	1	1	1	1	=	1	-10788.3
Solution->	0.5303254	0.4111757	2.88E-02	2.97E-02		$17,163.84	

(جدول شماره ٥)

Ranging

Variable	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
X1	0.5303254	0	17067	15310.37	30716.73
X2	0.4111757	0	9050	-1.34E+04	10985.66
X3	2.88E-02	0	44182	-8.24E+03	85048.7
X4	2.97E-02	0	105000	19295.23	140481.9
Constraint	Dual Value	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
Constraint 1	0	1.67465	0	-Infinity	1.674648
Constraint 2	0	0.1108871	0	-0.1108885	Infinity
Constraint 3	1694.057	0	0	-1.050791	0.1214277
Constraint 4	0	0.6851417	0	-Infinity	0.6851416
Constraint 5	0	5.675641	0	-Infinity	5.67564
Constraint 6	0	0.9190846	0	-0.9190843	Infinity
Constraint 7	0	9.999996	50	-Infinity	60
Constraint 8	6.254249	0	60	59.46693	67.78805
Constraint 9	0	0	0	0	Infinity
Constraint 10	-843.8484	0	8	7.789026	11.03934
Constraint 11	-10788.3	0	1	0.9117875	1.00669

Solution List (جدول شماره ٦)

X1	Basic	0.5303254
X2	Basic	0.4111757
X3	Basic	2.88E-02
X4	Basic	2.97E-02
surplus 1	Basic	1.674648
slack 2	Basic	0.1108885
slack 3	NONBasic	0
surplus 4	Basic	0.6851416
surplus 5	Basic	5.67564
slack 6	Basic	0.9190843
surplus 7	Basic	10
slack 8	NONBasic	0
artfcl 9	Basic	0
surplus 10	NONBasic	0
artfcl 11	NONBasic	0
Optimal Value (Z)		17163.83595

جدول شماره ۷ (حل مسئله توسط نرم افزار WinQsb)

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	0.5303	17,067.00	9,051.06	0	basic	15,310.37	30,716.71
2	X2	0.4112	9,050.00	3,721.14	0	basic	-13,358.51	10,985.66
3	X3	0.0288	44,182.00	1,271.87	0	basic	-8,235.61	85,048.83
4	X4	0.0297	105,000.00	3,119.76	0	basic	19,295.28	140,482.00

Objective	Function	(Min.) =	17,163.83

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	1.6746	>=	0	1.6746	0	-M	1.6746
2	C2	-0.1109	<=	0	0.1109	0.00	-0.1109	M
3	C3	0	<=	0	0	-1,694.06	-0.0376	0.1214
4	C4	0.6851	>=	0	0.6851	0	-M	0.6851
5	C5	0.2116	>=	0	0.2116	0	-M	0.2116
6	C6	-0.9191	<=	0	0.9191	0	-0.9191	M
7	C7	60	>=	50	10	0	-M	60
8	C8	60	<=	60	0	-6.2543	59.4669	63.3792
9	C9	0	=	0	0	0	0	M
10	C10	8	>=	8	0	843.85	7.789	8.0966
11	C11	1	=	1	0	10,788.30	0.9902	1.0067

تفسير نتايج و تحليل حساسيت براي سيمان تيپ I :

الف : باتوجه به جدول برنامه ريزي خطي مدل سيمان تيپ I، براي تعيين درصد تركيب فاكتورهاي تنظيمي سيمان بطوريكه كمترين هزينـه را داشته باشيم، بايستي از ۵۳% سنگ مارل، ٤١% سنگ آهك، ۲/۸% سنگ آهن و ۲/۹% سنگ بوكسيت استفاده نماييم.

ب : محدوديت هاي ۳ و ۸ و ۱۰ و ۱۱ به ترتيب مربوط به اولين محدوديت فاكتور AM، دومين محدوديت تركيبي C_3S و محدوديت C_3A و محدوديت رابطه‌ايي بين عناصر شيميايي تشكيل دهنده سيمان، الزام‌آور مي‌باشند و بايد بعنوان منابع كمياب مورد توجه قرار گيرند. (Slack=0) و محدوديت هاي ديگر بدليل مازاد بودن (Surplus) بحراني نمي‌باشند.

ج – حدود بالا و پايين ضرايب تابع هدف نشان مي دهد كه ما مي توانيم بطور مثال هر تن سنگ مارل را حداكثر به قيمت ۳۰۷۱۶/۷ ريال و به اندازه جواب بدست آمده (درصد تركيبي) خريداري نماييم در مورد ساير ضرايب نيز مي توان به همين گونه استنباط نمود. (باتوجه به اين كه در اغلب موارد اعداد نمي توانند زير صفر لحاظ شوند در Lower bond ها مقادير مي‌بايست صفر فرض شوند).

د – منابع ۳ ، ۸ ، ۱۰ داراي مقادير دوگان مي باشند بطور نمونه در محدوديت شماره ۳، باتوجه به معادلات تعادلي فرمولاسيون، اضافه شدن يك واحد به سمت راست آن، معرف اين نكته است كه با درنظر گرفتن نسبت بيشتر براي Al_2O_3 مي توان به اندازه ۱۶۹٤ واحد هزينه را كاهش داد.

هـ – هر تن سنگ مارل، آهك، آهن و بوكسيت را مي توان بترتيب حداكثر تا قيمت هاي ۳۰۷۱۶/۷ ، ۱۰۹۸۵/٦ ، ۸۵۰٤۸/۷ و ۱٤۰٤۸۱/۹ ريال (باتوجه به ميزان درصد تركيبي براي توليد محصول) خريداري نمود. اگر قيمت ها بيشتر از اين تغيير كند تركيب توليد و ميزان خريد تغيير خواهد كرد.

و – در محدوديت مربوط به مقاومت هاي فشاري و خمشي مواد خام سيمان C_3S (محدوديت‌هاي ۷ و ۸) كه بنابه سفارشات خارجي، بعضاً تمايل به بالا بردن آن تا حد۷۰ واحد نيز مي باشند در مقادير بالاي ٦۳/٤ واحد، حدود ٦/۲ ريال در هرواحد براي يك تن سيمان تاثيرگذار مي‌باشد.

ز – توجه به محدوديت شماره ۳ در تركيب سيمان تيپ I مهم است زيرا تاثير زيادي بر فاكتور AM پخت اين نوع سيمان دارد.

ح - كمترين قيمت مواد اوليه سيمان تيپ I باتوجه به درصد تركيبي پيشنهاد شده براي هر تن برابر ۱۷۱٦۳/۸ ريال مي باشد.

پيشنهاد : جهت كسب بهترين نتيجه، پيشنهاد مي شود براي تركيب سيمان تيپ I، از ۵۳% سنگ مارل، ٤۱% سنگ آهك، ۲/۸% سنگ آهن و ۲/۹% سنگ بوكسيت استفاده نماييم. تا كمترين هزينه براي خريد مواد اوليه اين نوع سيمان پرداخت شود.

۲ – ٤ - حل مدل تعيين درصد تركيب سيمان تيپ II با حداقل شدن هزينه خريد مواد اوليه

DS

جدول شماره ۸

Linear Programming

	X1	X2	X3	X4		RHS	DUAL
Minimize	17067	9050	44182	105000			
Constraint 1	27.33	-49.94	120.2	143.2	>=	0	0
Constraint 2	24.7	-50.1	115	137.3	<=	0	1605.489
Constraint 3	0.155	0.065	-55.7	50.3	<=	0	227.9153
Constraint 4	0.73	0.08	-42.81	50.4	>=	0	0
Constraint 5	9.87	0.87	-92	91.95	>=	0	0
Constraint 6	8.9	0.84	-102.4	-102.2	<=	0	0
Constraint 7	-56.9	319.7	-525.3	-880.3	>=	50	0
Constraint 8	-56.9	319.7	-525.3	-880.3	<=	60	340.2234

Constraint 9	7.33	0.44	-76.14	206.1	>=	5	0
Constraint 10	7.33	0.44	-76.14	206.1	<=	8	0
Constraint 11	1	1	1	1	=	1	-37399.21
Solution->	0.5411039	0.4043282	2.69E-02	2.76E-02		$16,985.81	

Ranging(جدول شماره ۹)

Variable	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
X1	0.5411039	0	17067	-Infinity	23515.52
X2	0.4043282	0	9050	-2.82E+03	Infinity
X3	2.69E-02	0	44182	3.08E+04	Infinity
X4	2.76E-02	0	105000	19295.23	354133.9
Constraint	Dual Value	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
Constraint 1	0	1.790894	0	-Infinity	1.790893
Constraint 2	1605.489	0	0	-0.1108884	9.61E-02
Constraint 3	227.9153	0	0	-0.833566	0.1214277
Constraint 4	0	0.6671327	0	-Infinity	0.6671326
Constraint 5	0	5.75562	0	-Infinity	5.75562
Constraint 6	0	0.4267761	0	-0.4267759	Infinity
Constraint 7	0	10	50	-Infinity	60
Constraint 8	340.2234	0	60	59.46693	60.49575
Constraint 9	0	2.789026	5	-Infinity	7.789026
Constraint 10	0	0.2109742	8	7.789026	Infinity
Constraint 11	-37399.21	0	1	0.9918052	1.00669

(جدول شماره ۱۰)

Solution List

X1	Basic	0.5411039
X2	Basic	0.4043282
X3	Basic	2.69E-02
X4	Basic	2.76E-02
surplus 1	Basic	1.790893
slack 2	NONBasic	0
slack 3	NONBasic	0
surplus 4	Basic	0.6671326
surplus 5	Basic	5.75562
slack 6	Basic	0.4267759
surplus 7	Basic	10
slack 8	NONBasic	0
surplus 9	Basic	2.789026
slack 10	Basic	0.2109741
artfcl 11	NONBasic	0
Optimal Value (Z)		16985.80569

جدول شماره ۱۱ (حل مسئله توسط نرم افزار WinQsb)

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	0.5411	17,067.00	9,235.02	0	basic	-M	23,515.46
2	X2	0.4043	9,050.00	3,659.17	0	basic	-2,815.89	M
3	X3	0.0269	44,182.00	1,189.96	0	basic	30,815.63	M
4	X4	0.0276	105,000.00	2,901.65	0	basic	19,295.28	354,127.10

Objective	Function	(Min.) =	16,985.80

ادامه جدول شماره ۱۱

		Left Hand		Right Hand	Slack	Shadow	Allowable	Allowable
	Constraint	Side	Direction	Side	or Surplus	Price	Min. RHS	Max. RHS
1	C1	1.7909	>=	0	1.7909	0	-M	1.7909
2	C2	0	<=	0	0	-1,605.49	-0.1109	0.0961
3	C3	0	<=	0	0	-227.913	-0.3708	0.1214
4	C4	0.6671	>=	0	0.6671	0	-M	0.6671
5	C5	0.6736	>=	0	0.6736	0	-M	0.6736
6	C6	-0.4268	<=	0	0.4268	0	-0.4268	M
7	C7	60	>=	50	10	0	-M	60
8	C8	60	<=	60	0	-340.223	59.4669	60.4958
9	C9	11.8904	>=	5	6.8904	0	-M	11.8904
10	C10	7.789	<=	8	0.211	0.00	7.789	M
11	C11	1	=	1	0	37,399.18	0.9918	1.0067

تفسير نتايج و تحليل حساسيت براي سيمان تيپ II :

الف : باتوجه به جدول برنامه ريزي خطي مدل سيمان تيپ II، براي اين كه كمترين هزينه را در توليد اين محصول داشته باشيم در تركيب فاكتورهاي تنظيمي سيمان، بايستي از ۰/۵۵ سنگ مارل، ۳۹/۵ % سنگ آهك، ۳% سنگ آهن و ۲% سنگ بوكسيت استفاده نماييم.

ب : محدوديت هاي ۲ ، ٦ ، ۸ و ۱۱ الزام آور هستند و بايد مورد توجه مديريت شركت واقع شوند.(Slack=0)

ج : باتوجه به حدود بالا و پايين ضرايب تابع هدف (جدول شماره ۹) :

- اگر قيمت سنگ مارل افزايشي تا حداكثر ۲۳۱٦۱/۲ ريال در بازار داشته باشد كماكان بايد به اندازه جواب بدست آمده (درصد تركيبي) خريداري شود، واضح است كه اگر قيمت بيشتر از اين تغيير كند تركيب توليد تغيير و ميزان خريد تغيير خواهد كرد.
- به هر ميزان از قيمت بازار لازم است كه سنگ آهك به اندازه مورد نياز درجواب بدست آمده خريداري شود.
- هر تن سنگ آهن تا حداكثر ميزان ۹۳۳۹٦/٦ ريال، باتوجه به ميزان درصد تركيبي مورد نياز درجواب مسئله، مي‌توان تهيه نمود.
- هر تن سنگ بوكسيت تا حداكثر ميزان ۲۸٦۵۱۰/۳ ريال، باتوجه به ميزان درصد تركيبي مورد نياز مي توان تهيه نمود.

د : منابع ۲ ، ٦ ، ۸ داراي مقادير دوگان مي باشند ، بطور نمونه در مورد محدوديت شماره ٦ باتوجه به معادلات تعادلي فرمولاسيون آن، اضافه شدن يك واحد به سمت راست معرف اين نكته است كه با درنظر گرفتن نسبت بيشتر براي SiO_2 مي توان به اندازه ۱۰۹/۷ واحد هزينه را كاهش داد.

هـ : به محدوديت شماره ۲ در تركيب سيمان تيپ II ضروري است كه توجه بيشتري شود زيرا تاثير زياد برفاكتور LSF پخت اين نوع سيمان دارد.

و : محدوديت شماره ۸ مربوط به مقاومت هاي فشاري وخمشي مواد خام سيمان (C_3S) در مقادير بالاي ٦۰/۸ واحد، درحدود ۲۳۸/۸ ريال در هر واحد و براي يك تن سيمان از اين نوع تاثيرگذار مي باشد.

ز : كمترين قيمت مواد اوليه سيمان تيپ II باتوجه به درصد تركيبي پيشنهادشده برابر با ۱٦٦٤۸ ريال مي باشد.

پيشنهاد : جهت كسب بهترين نتيجه مناسب است كه براي تركيب سيمان تيپ II از ۵۵% سنگ مارل، ۳۹/۵% سنگ آهـك، ۳% سـنگ آهـن و ۲% سنگ بوكسيت استفاده نماييم تا كمترين هزينه را براي خريد مواد اوليه اين نوع سيمان در هر تن پرداخت نماييم.

۳ – ٤ - حل مدل تعيين درصد تركيب سيمان تيپV با حداقل شدن هزينه خريد مواد اوليه

DS

جدول شماره ۱۲

Linear Programming

	X1	X2	X3	X4		RHS	DUAL
Minimize	17067	9050	44182	105000			
Constraint 1	27.33	-49.94	120.2	143.2	>=	0	-131.349
Constraint 2	24.7	-50.1	115	137.3	<=	0	0
Constraint 3	0.155	0.065	-55.7	50.3	<=	0	0
Constraint 4	1.11	0.09	-34.22	50.49	>=	0	-683.7595
Constraint 5	9.87	0.87	-92	91.95	>=	0	0
Constraint 6	8.9	0.84	-102.4	-102.2	<=	0	350.9241
Constraint 7	-56.9	319.7	-525.3	-880.3	>=	50	0
Constraint 8	-56.9	319.7	-525.3	-880.3	<=	100	0
Constraint 9	7.33	0.44	-76.14	206.1	>=	0	0
Constraint 10	7.33	0.44	-76.14	206.1	<=	5	0
Constraint 11	1	1	1	1	=	1	-15842.89
Solution->	0.5329487	0.4172807	3.71E-02	1.27E-02		$15,842.89	

Ranging(جدول شماره ۱۳)

Variable	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
X1	0.5329487	0	17067	5112.948	35426.25
X2	0.4172807	0	9050	-2.31E+04	20137.95
X3	3.71E-02	0	44182	-3.13E+04	101323.8
X4	1.27E-02	0	105000	46856.84	Infinity
Constraint	Dual Value	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
Constraint 1	-131.349	1.44E-03	0	-5.579032	1.792752
Constraint 2	0	1.734697	0	-1.736073	Infinity
Constraint 3	0	1.31838	0	-1.31855	Infinity
Constraint 4	-683.7595	1.96E-04	0	-1.078562	0.3383073
Constraint 5	0	3.376916	0	-Infinity	3.37649
Constraint 6	350.9241	8.96E-04	0	-4.617979	3.570813
Constraint 7	0	22.42913	50	-Infinity	72.44202
Constraint 8	0	27.57087	100	72.44202	Infinity
Constraint 9	0	3.879955	0	-Infinity	3.879084
Constraint 10	0	1.120045	5	3.879084	Infinity
Constraint 11	-15842.89	0	1	0.6902072	1.288964

Solution List(جدول شماره ١٤)

X1	Basic	0.5329487
X2	Basic	0.4172807
X3	Basic	3.71E-02
X4	Basic	1.27E-02
surplus 1	NONBasic	0
slack 2	Basic	1.736073
slack 3	Basic	1.31855
surplus 4	NONBasic	0
surplus 5	Basic	3.37649
slack 6	NONBasic	0
surplus 7	Basic	22.44202
slack 8	Basic	27.55798

surplus 9	Basic	3.879084
slack 10	Basic	1.120916
artfcl 11	NONBasic	0
Optimal Value (Z)		15842.88904

جدول شماره ۱۵ (حل مسئله توسط نرم افزار WinQsb)

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	0.5411	17,067.00	9,235.02	0	basic	-M	23,515.46
2	X2	0.4043	9,050.00	3,659.17	0	basic	-2,815.89	M
3	X3	0.0269	44,182.00	1,189.96	0	basic	30,815.63	M
4	X4	0.0276	105,000.00	2,901.65	0	basic	19,295.28	354,127.10

Objective	Function	(Min.) =	17,163.83

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	1.7909	>=	0	1.7909	0	-M	1.7909
2	C2	0	<=	0	0	-1,605.49	-0.1109	0.0961
3	C3	0	<=	0	0	-227.913	-0.3708	0.1214
4	C4	0.6671	>=	0	0.6671	0	-M	0.6671
5	C5	0.6736	>=	0	0.6736	0	-M	0.6736
6	C6	-0.4268	<=	0	0.4268	0	-0.4268	M
7	C7	60	>=	50	10	0	-M	60
8	C8	60	<=	60	0	-340.223	59.4669	60.4958
9	C9	11.8904	>=	5	6.8904	0	-M	11.8904
10	C10	7.789	<=	8	0.211	0.00	7.789	M
11	C11	1	=	1	0	37,399.18	0.9918	1.0067

تفسير نتايج و تحليل حساسيت براي سيمان تيپ V :

الف : براي اين كه كمترين هزينه را براي توليد اين سيمان داشته باشيم ضروري است كه درصد تركيبي به ترتيب ٥٤% سنگ مارل، ٤١% سنگ آهك، ٣/٧% سنگ آهن و ١/٩% سنگ بوكسيت را در توليد رعايت نماييم.

ب : محدوديت‌هاي ١ ، ٤ ،٦ و ١١ بحراني مي‌باشند و ضروري است كه موردتوجه قرار گيرند.(Slak=0)

ج : باتوجه به حدود بالا و پايين ضرايب تابع هدف :

- اگر قيمت هر تن سنگ مارل افزايشي تا حداكثر ٣٧١٠١ ريال داشته باشد كماكان بايد بـه انـدازه جـواب بدسـت آمـده (درصـد تركيبـي) خريداري شود واضح است كه اگر قيمت بيشتر از اين تغيير كند تركيب توليد تغيير و ميزان خريد تغيير خواهد كرد.
- اگر قيمت هر تن سنگ آهك تا حداكثر ٢٠١٣٦ ريال افزايش يابد بايد به اندازه جواب بدست آمده، خريداري شود.
- براي هر تن سنگ آهن نيز تا حداكثر ٩٨٢٨٦/٨ ريال بايد به اندازه جواب مسئله خريداري شود.
- براي هر تن سنگ بوكسيت نيز ضروري است به هر ميزان قيمت بازار به اندازه مورد نياز در جواب بدست آمده خريداري شود.
- منابع ١ ، ٤ و ٦ داراي مقادير دوگان مي باشند ، بطور نمونه در مورد محدوديت ٤ باتوجه به معادله تعادلي فرمولاسيون آن، اضـافه شـدن يك واحد به سمت راست آن معرف اين نكته است كه با درنظرگرفتن نسبت بيشتر براي Al_2O_3، هزينه به اندازه ٦٥٥ ريال افزايش مي يابد.
- محدوديت شماره ٤ درتركيب سيمان تيپ V با اهميت ترين محدوديت مي باشد و تاثير زياد برفاكتور AM پخت اين نوع سيمان دارد.
- كمترين قيمت مواد اوليه سيمان تيپ V باتوجه به درصد تركيبي پيشنهاد شده برابر با ١٥٩٦٦ ريال مي باشد.

پيشنهاد : جهت كسب بهترين نتيجه مناسب است كه براي تركيب سيمان نوع V از ٥٤% سنگ مارل، ٤١% سنگ آهك و ٣/٧% سـنگ آهـن و ١/٩% سنگ بوكسيت استفاده نماييم . تا كمترين هزينه را براي خريد مواد اوليه اين نوع سيمان درهرتن پرداخت نماييم.

توضيح : باتوجه به اين كه در اغلب موارد اعداد نمي‌توانند زيرصفر لحاظ شوند درLower bound ها مقادير منفي مي بايست صفر فرض شوند (براي بخش برنامه ريزي خطي)

بخش دوم : برنامه ريزي توليد سالانه انواع محصول سيمان

در اين بخش با توجه به تركيب بهينه كه براي هر يك از انواع محصول سيمان با در نظر گرفتن مناسبترين هزينه مواد اوليه در قسمت قبل مشخص شد، برنامه توليد سالانه محصولات سيمان ارائه مي شود.

۲ – مفروضات و محدوديت هاي مسئله :

مفروضات و محدوديت هاي مسئله :

محاسبه برنامه توليد سالانه سيمان براي اين كارخانه :

نياز بازار به انواع سيمان با توجه به جدول شماره ۳ عبارتست از :

سيمان تيپ I : ۱۵۰۰(تن) × ۳۰۰(روز) = ٤٥۰۰۰۰ (سال/ تن)

سيمان تيپ II : ۲۵۰۰ × ۳۰۰ = ۷۵۰۰۰۰ (سال/ تن)

سيمان تيپ V : ۷۰۰ × ۳۰۰ = ۲۱۰۰۰۰ (سال/ تن)

حال ميزان تفاوت قيمت فروش و قيمت مواد اوليه را، براي هر نوع سيمان در هر تن (باتوجه به جدول شماره ۲ و همچنين ضريب تبديل مواد خام به سيمان كه ۰/٦٥است) حساب مي كنيم.

P_i = قيمت فروش – قيمت مواد اوليه

$P_i = Price_i - (RHS_i / ۰/٦٥)$

P_I = ۱٤۰۰۰۰ – (۱۷۱٦۳/۸۳ / ۰/٦٥) = ۱۱۳٥۹٤/۱۱ (تن/ ريال)

P_{II} = ۱٤۲۰۰۰ – (۱٦٦٤۸/۰٦ / ۰/٦٥) = ۱۱٦۳۸۷/٦ (تن/ ريال)

P_V = ۱٥۲۰۰۰ – (۱٥۹٦٦/٤۷ / ۰/٦٥) = ۱۲۷٤۳٦/۲ (تن/ ريال)

باتوجه به مقادير بدست آمده مشاهده مي شود كه توليد سيمان تيپ V براي اين كارخانه از تيپ II و تيپ I مطلوبتر است اما سه ملاحظه ديگر وجود دارد كه محدوديت هاي جديدي در اين وضعيت ايجاد مي كند كه عبارتند از :

الف : مصرف سوخت

مصرف سوخت كارخانه، گاز طبيعي است كه قيمت واحد آن ۱۰۰Rls/Nm^3 است مصرف گاز براي توليد هريك تن سيمان تيپ هاي مختلف متفاوت و مطابق جدول ۱٦ مي باشد

جدول شماره ۱٦

نوع سيمان	مصرف گاز (Nm^3/ton)
I	۹٤
II	۱۰۰
V	۱۰٤

كارخانه براي مصرف بيشتر از ۸۰ × $۱۰^٦ m^3$ گاز در سال، بايد جريمه اي معادل ٦Rls/Nm^3 بپردازد (بدليل افت فشار شبكه)

ب : مصرف نسوز

بدليل اينكه آستر نسوز در معرض فرسايش قرار دارد بنابراين كارخانه به ازاء هر توليد تن سيمان، مصرف نسوز دارد. در شرايط مساوي ميزان مصرف نسوز عبارتست از :

جدول شماره ۱۷

نوع سيمان	مصرف نسوز به ازاء هرتن سيمان(gr / ton)
I	۳۸۰
II	٤۱۰
V	٤۳۰

قيمت واحد نسوز عبارتست ازRls/ gr ۲/۵ و مصرف پايه نسوز gr / ton ۳۷۰ مي باشد. براي مصرف بيشتر از مقدار فوق بدليل حفظ محيط زيست بايد ۰/۲۵ ريال براي هرتن سيمان پرداخت گردد.

ج : مصرف برق

مصرف برق در خط ٦۳kv اصلي كارخانه با توجه به ظرفيت اسمي كارخانه براي $^{Mw}/_{hr}$ ۱۲ طراحي شده است. براي مصرف بيشتر از مقدار فوق مي بايست جريمه اي به ميزان ۵% پرداخت شود كه در اين صورت برمبناي قيمت پايه كه $^{Rls}/_{kwh}$ ۱۲۰ است، مبلغ $^{Rls}/_{kwh}$ ٦ محسوب مي شود. براي مصرف كمتر از مقدار فوق نيز قيمت برق افزايش مي يابد، زيرا ديماند ثابت پرداخته مي شود. براي مصرف كمتر از مقدار فوق جريمه اي به ميزان ۱% (معادل $^{Rls}/_{kwh}$ ۱/۲) محسوب مي گردد. مصرف برق براي سيمان هاي مختلف به شرح جدول ۱۸ مي باشد.

جدول شماره ۱۸

نوع سيمان	مصرف برق به ازاء هرتن سيمان برحسبkw/ton
I	۹۵
II	۹۹
V	۱۰۳

لازم به توضيح است كه ظرفيت اسمي كارخانه همانطور كه قبلاً گفته شد روز/تن ۳۰۰۰ و براي ۳۰۰ روزكاري است بعبارت ديگر:

سال/تن ۹۰۰۰۰۰ = (روز) ۳۰۰ × (تن) ۳۰۰۰

۳ – مدل سازي برنامه :

هدف :

باتوجه به موارد طرح مسئله، مفروضات و محدوديت هاي مطرح شده، ميزان توليد بهينه با استفاده از روش برنامه ريزي آرماني، هدف اين مسئله مي باشد.

متغيرهاي تصميم گيري :

K_i = درصد توليد سيمان تيپ i ام (تيپV = ۳ و تيپ II = ۲ ، تيپ I = ۱ : i)

W_i = ضرايب جرايم

d_i^+= ميزان انحراف مثبت از آرمانها

d_i^-= ميزان انحراف منفي از آرمانها

مدل برنامه ريزي آرماني توليد محصول سيمان

ضريب جريمه شبيه ميزان احراف مثبت يا منفي از آرمان ها مي باشد پس بايد تابع هدف مناسب براي حداقل كردن جريمه هـا تعريـف نمـائيم.
بنابراين تابع مطلوبيت برنامه عبارتست از :

Min : ۱/۰٦d_1^- +۱/۱d_2^- + ۱/۰۱d_3^+ +۱/۰۵d_3^-

st :

براي محدويت گاز :

$$RHS = 80 \times 10^6 Nm^3 / year \times \frac{1}{300} year/day \times \frac{1}{24} day/hr \times \frac{1hr}{125ton}$$

۳۰۰۰ (ton/day) : ۲٤ (hr/day) = ۱۲۵ ton/hr

و لذا محدوديت عبارتست از :

۹٤k_1+ ۱۰۰k_2+ ۱۰٤k_3 -d_1^+ + d_1^-= ۸۸/۹ (Cons.1)

براي محدوديت نسوز :

۳۸۰k_1 + ٤۱۰ k_2 + ٤۳۰k_3 -d_2^+ + d_2^-= ۳۷۰ (Cons.2)

براي محدوديت برق :

$$RHS = 12000kw/hr \times \frac{1hr}{125ton} = 96kw/ton$$

۹۵k_1 + ۹۹k_2 + ۱۰۳k_3 -d_3^+ + d_3^-= ۹٦ (Cons.3)

باتوجه به درصدبودن مقادير k ، بايد

k_1 + k_2 + k_0 = ۱ (Cons.4)

محدديت هاي نياز بازار با توجه به K

$$K_1 \le \frac{45000}{900000} = 0/5 (Cons.5)$$

$$K_2 \le \frac{750000}{900000} = 0/833 (Cons6)$$

$$K_3 \le \frac{210000}{900000} = 0/233 (Cons.7)$$

در هر شرايط مي بايست تفاوت مبلغ قيمت فروش و قيمت مواد اوليه ماكزيمم گردد.

$$113594/11k_1 + 116387/6k_2 + 127436/2k_3 \ge 118775 (Cons.8)$$

مقدار ۱۱۸۷۷۵ حداكثر مقداري است كه باعث مي شود اين مسئله جواب داشته باشد (در حل مسائل معمولاً اين مقادير با كمي سعي و خطا حاصل مي شود) در اين حالت، كمترين خطا از Cons.4 (درصد تركيب مواد) حاصل مي شود كه مقدار آن صفر است.

٤ – حل مدل ، تفسير نتايج :

حل مدل

اطلاعات مدل با استفاده از نرم افزار DS مورد پردازش قرار گرفته و نتايج حاصل از طريق برنامه Excel ارائه شده است.

DS

جدول شماره ۱۹(Goal Programming)

	K_1	K_2	K_3	d -1	d -2	d -3	d -4
Goal/Cnstrnt 1	0	0	0	0	0	0	-41.6637171
Goal/Cnstrnt 2	0	0	0	-1	0	0	-149.982315
Goal/Cnstrnt 3	0	0	1	0	0	0	0
Goal/Cnstrnt 4	0	0	0	0	-1	0	-839.911604
Goal/Cnstrnt 5	1	0	0	0	0	0	41.66371458
Goal/Cnstrnt 6	0	0	0	0	0	0	40.66372126
Goal/Cnstrnt 7	0	1	0	0	0	0	-40.6637213
Goal/Cnstrnt 8	0	0	0	0	0	-1	-67.6548914
Priority 1	0	0	0	-1.06	-1.1	-2.06	-68.3317287
	0	0	0	0	0	0	-0.99704003

	d -5	d -6	d -7	d -8	d +1	d +2	d +3
Goal/Cnstrnt 1	1	0	-3.95511	0	0	0	0
Goal/Cnstrnt 2	0	0	-19.73066	8.16E-04	1	0	0
Goal/Cnstrnt 3	0	0	1	0	0	0	0
Goal/Cnstrnt 4	0	0	-98.65332	3.37E-03	0	1	0
Goal/Cnstrnt 5	0	0	3.9551102	0	0	0	0
Goal/Cnstrnt 6	0	1	4.9551108	0	0	0	0
Goal/Cnstrnt 7	0	0	-4.955111	0	0	0	0
Goal/Cnstrnt 8	0	0	-11.82044	8.08E-04	0	0	1
Priority 1	0	0	-11.9387	8.16E-04	0	0	0
	0	0	-0.999715	-1	0	0	0

	d +4	d +5	d +6	d +7	d +8	RHS
Goal/Cnstrnt 1	41.663718	-1	0	3.9551104	0	0.433086
Goal/Cnstrnt 2	149.98232	0	0	19.730664	-8.16E-04	11.63051
Goal/Cnstrnt 3	0	0	0	-1	0	0.233
Goal/Cnstrnt 4	839.91162	0	0	98.65332	-3.37E-03	42.65257
Goal/Cnstrnt 5	-41.66372	0	0	-3.95511	0	6.69E-02
Goal/Cnstrnt 6	-40.66372	0	-1	-4.955111	0	0.132914
Goal/Cnstrnt 7	40.663722	0	0	4.9551108	0	0.700086
Goal/Cnstrnt 8	67.654892	0	0	11.820443	-8.08E-04	3.664342
Priority 1	68.33173	0	0	11.938699	-8.16E-04	3.701002
	-1.003387	-0.999919	-1	-1.000285	0	-4.36E-05

جدول شماره ۲۰ Goal Programming(Summary)

Decision variable analysis	Value		
K_1	6.69E-02		
K_2	0.7000856		
K_3	0.233		
Priority analysis	Nonachievement		
Priority 1	3.7010016		
Constraint Analysis	RHS	d+	d-
Goal/Cnstrnt 1	88.9	11.63052	0
Goal/Cnstrnt 2	370	42.65262	0
Goal/Cnstrnt 3	96	3.664352	0
Goal/Cnstrnt 4	1	1.19E-07#0	0
Goal/Cnstrnt 5	0.5	0	0.4330855
Goal/Cnstrnt 6	0.833	0	0.1329144
Goal/Cnstrnt 7	0.233	0	0
Goal/Cnstrnt 8	118775	0.0078125	0

تفسير نتايج :

الف : وضعيت قطعي متغيرهاي تحليل

از سه محصول X_1 ، X_2 و X_3 بنام سيمان تيپ I ، II و V به ترتيب ٦/٦% ، ۷۰% و ۲۳/۳% از مجموع ميزان كل بايد توليد نمود كـه بـه شـرح زير مي باشد.(باتوجه به جدول شماره ۱۹).

سال/تن ٦۰۲۱۰ = ۹۰۰۰۰۰ × ۰/۰٦٦۹ = توليد سالانه سيمان تيپ I

سال/تن ٦۳۰۰۹۰ = ۹۰۰۰۰۰ × ۰/۷۰۰۱ توليد سالانه سيمان تيپ II

سال/تن ۲۰۹۷۰۰ = ۹۰۰۰۰۰ × ۰/۲۳۳ توليد سالانه سيمان تيپ V

حال باتوجه به ضرايب حاصل شده از جداول ٦، ۱۰ و ١٤ خواهيم داشت :

جدول شماره ۲۱

نوع سيمان	مقدار سيمان (سال/تن)	مقدار مواد خام(سال/تن)	مارل معدني	آهك معدني	آهن معدني	بوكسيت معدني
I	٦۰۲۱۰	۹۲٦۳۱	٤۹۰۹٤/٤	۳۷۹۷۸/۷	۲٦٦۷/۷۷	۲۷۵۱/٤
II	٦۳۰۰۹۰	۹٦۹۳٦۹/۲	۵۳٦۳۵۲	۳۸۳۱۹۲	۲۸۲۰۹	۲۱٦۱٦
V	۲۰۹۷۰۰	۳۲۲٦۱۵/۳	۱۷۵۲۷۷	۱۳۱۰۱٤	۱۲۱٦۳	٤۱٦۱
جمع	۹۰۰۰۰۰	۱۳۸٤٦۱۵/۵	/٤ ۷٦۰۷۲۳	/۷ ۵۵۲۱۸٤	٤۳۰۳۹/۷۷	۲۸۵۲۸/٤

بطور نمونه براي سطر اول داريم(ضريب تبديل مواد خام به سيمان كه ۰/٦۵است).

(سال/تن) ۹۲٦۳۱=۰/٦۵: ٦۰۲۱۰

با توجه به درصدهاي تركيبي در جدول٦ داريم.

(سال/تن) ٤/٤۹۰۹٤=۰/۵۳×۹۲٦۳۱

(سال/تن) ۳۷۹۷۸/۷=۰/٤۱×۹۲٦۳۱

(سال/تن) ۲٦٦۷/۷۷=۰/۰۲۸۸×۹۲٦۳۱

(سال/تن) ۲۷۵۱/۱٤=۰/۰۲۹۷×۹۲٦۳۱

بنابراين براي مصرف يكسال كارخانه مي بايست مواد اوليه بشرح ذيل تهيه شود :

سنگ مارل = ۷۶۰۷۲۳/٤ ton
سنگ آهك = ۵۵۲۱۸٤/۷ ton
سنگ آهن = ٤۳۰۳۹/۷۷ ton
سنگ بوكسيت = ۲۸۵۲۸/٤ ton

ب : اولويت ها Priority Analysis Nonchievements

Priority 1 3.701

اولويت اول (تفاوت قيمت فروش و قيمت مواد اوليه) به ميزان فوق از صفر فاصله دارد و انحراف هاي مصرف گاز، نسوز و برق موجب جريمه اي برابر با ۳/۷۰۱ شده است. با بررسي جوابها در جدول شماره ۲۰ ، مشاهده مي شود كه انحراف ناشي از مصرف برق به اندازه ۳/٦٦ بيشتر موجب اين جريمه شده است.

ج : وضعيت آرمانها/ محدوديت ها

Constraint Analysise	RHS	d+	d-
Goal/Constrnt 1 (مصرف سوخت گاز)	88.9	11.6305	0

نتيجه ۱ : در ميزان مصرف سوخت گاز -d صفر شده ولي d+=۱۱/٦۳۰۵ مي باشد و اين به معني آن است كه به ميزان ۱۱/٦۳ Nm^3/ton سوخت گاز كم آورده ايم و لازم است در مجموع به ميزان ۱۰۰/۵۳Nm^3/ton=۱۱/٦۳+۸۸/۹ گاز طبيعي تهيه نمائيم.

Constraint Analysise	RHS	d+	d-
Goal/Constrnt 2 (مصرف نسوز)	370	42.6526	0

نتيجه ۲ : در ميزان مصرف نسوز -d صفر شده ولي d+=٤۲/٦۵۲٦ مي باشد و اين به معني آن است كه به ميزان ٤۲/٦۵ gr/ton نسوز كم آورده ايم و لازم است در مجموع به ميزان ٤۱۲/٦۵gr/ton=٤۲/٦۵+۳۷۰ نسوز تهيه نمائيم.

Constraint Analysise	RHS	d+	d-
Goal/Constrnt 3 (مصرف برق)	96	3.6644	0

نتيجه ۳ : در ميزان مصرف برق -d صفر شده ولي d+=۳/٦٦٤٤ مي باشد و اين به معني آن است كه به ميزان kw/ton ۳/٦٦٦٤٤ برق كم آورده ايم و لازم است در مجموع به ميزان ۹۹/٦٦kw/ton=۳/٦٦٤٤+۹٦ برق افزايش يابد.

نتيجه ٤ : براي محدوديت ٤ (Slack=0) بنابراين رعايت درصدهاي تركيبي در تهيه انواع سيمان با توجه به مفروضات و محدوديت ها ضروري است.

Constraint Analysise	RHS	Slack
Goal/Constrnt 5 (درصد توليد سيمان تيپ I)	0.5	0.4331

نتيجه ۵ : ميزان درصد توليد سيمان تيپ I از حداكثر مجاز ۰/۵ به مقدار ۰/٤۳۳۱ اختلاف دارد كه معرف فعال نبودن محدوديت مي باشد.

Constraint Analysise	RHS	Slack

Goal/Constrnt 6 (درصد توليد سيمان تيپ II)	0.833	0.1329

نتيجه ٦ : ميزان درصد توليد سيمان تيپ II از حداكثر مجاز ۰/۸۳۳ به مقدار ۰/۱۳۲۹ اختلاف دارد كه معرف فعال نبودن محدوديت مي باشد.

Constraint Analysise	RHS	Slack
Goal/Constrnt 7 (درصد توليد سيمان تيپ V)	0.233	0

نتيجه ۷ : ميزان درصد توليد سيمان تيپV از حداكثر مجاز ۰/۲۳۳ اختلافي نداشته كه معرف فعال بودن محدوديت است.

تـوجـه :

الف- درجدول ۱۹ جهت همزمان كردن حل معادلات آرماني و بهينه سازي سود در (Cons.8) با سعي و خطا مقادير RHS افـزايش يافـت كـه ايده آل ترين جواب حاصل شود. در اين حالت (Cons4) در جدول ۲۰ كه اهميت زيادي دارد +d و -d آن صفر شده اند.

ب – در جدول ۲۰ مشاهده مي شود كه ۱۱/٦۳۰۵ نرمال متر مكعب گاز و ٤۲/٦٥ گرم نسوز و ۳/٦٦٤٤ كيلووات برق براي هر تن سيمان بيـشتر از حالت استاندارد مصرف مي شود كه مي توان برنامه دقيق تري را براي سال بعد پيش بيني نمود.