VALOR EM RISCO (VAR – VALUE AT RISK) METODOLOGIAS NÃO PARAMÉTRICAS

Eduardo Sá e Silva

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO
2. VAR (simulação Histórica – metodologia não paramétrica)
    2.1 Princípios
    2.2 Exemplo
    2.3 Vantagens e inconvenientes desta metodologia
3. VAR (simulação Monte Carlo – metodologia não paramétrica)
    3.1 Princípios
    3.2 Exemplos
    3.3 Vantagens e inconvenientes desta metodologia
4. CONCLUSÃO

RESUMO

O VAR (Value at Risk), valor em risco, é a perda máxima provável de uma carteira para um nível de confiança determinado, num horizonte temporal especificado.
As metodologias podem ser várias para estimar o VAR, mas dividem-se em dois grandes grupos: os não paramétricos (simulações Históricas e simulações Monte Carlo) e os paramétricos, baseadas na variância e covariância
Nesta sessão, só nos iremos debruçar sobre as metodologias não paramétricas:
– Simulações Históricas que se baseiam no pressuposto de que a variação futura dos preços dos activos relevantes na carteira, se distribuirão da mesma forma que no passado.
– Simulações Monte Carlo cuja única diferença para as simulações históricas reside na forma de se obterem os cenários simulados, que constituem uma amostra gerada de forma (pseudo) aleatória, tendo em conta uma determinada distribuição.

1. INTRODUÇÃO

O VAR ou VaR (Value at risk ou valor em risco) é a perda máxima provável de uma carteira para um nível de confiança determinado, num horizonte temporal especificado.
As metodologias VAR baseiam-se em movimentos normais do mercado, ou seja, pressupõe a ausência de grandes crises financeiras. Trata-se de uma medida que permite quantificar a perda potencial de uma carteira associada a um nível de confiança estatisticamente definido. A sua validade encontra-se balizada no tempo.
As metodologias podem ser várias para estimar o VAR:
– Simulações Históricas.
– Simulações (Cenários) Monte Carlo.
– Técnicas baseadas na variância e covariância.
– Modelos específicos:
- Risk Metrics – J. P. Morgan;
- Raroc 2020 – Bankers Trust;
- Prime Risc – Credit Suisse First Boston;
- Risk Dollars – Chase M. Bank;
- "Grupo dos trinta de 1993 – "Derivatives: Practices and Principles".
Podemos resumir as principais diferenças entre as metodologias:

2. VAR (SIMULAÇÃO HISTÓRICA – METODOLOGIA NÃO PARAMÉTRICA)

	Não paramétricas		Paramétricas
Funções	Simulação histórica	Montecarlo	Variância - Covariância
Definição da distribuição	A distribuição dos dados históricos é calculado	Os valores são gerados	O desvio padrão e a correlação são estimados
Cálculo da distribuição da carteira	Os valores da carteira são simulados		O desvio padrão da carteira é calculado assumindo uma distribuição normal
Obtenção do VAR	Os valores das perdas são ordenados e todos os que ultrapassam (1-p) probabilidade são seleccionados		

2.1. Princípios

Esta metodologia baseia-se na hipótese da estacionariedade dos dados, o que pressupõe que a história é a melhor estimação possível do futuro.

O princípio é portanto estimar a distribuição das variações dos preços a partir dos históricos e aplicar estas variações à carteira actual para determinar o VAR. Este método é dito não paramétrico porque, contrariamente a outras abordagens, p.e, RiskMetrics, o cálculo do VAR não implica ter uma estimação dos parâmetros duma distribuição teórica.

Convém salientar que é a totalidade da carteira que é tomada em consideração e não cada activo individualmente. O VAR duma carteira não é portanto a soma dos VAR individuais de cada instrumento mas o VAR da totalidade da carteira, o que permite ter em conta o efeito das correlações.

Uma das instituições que utiliza este método é o Chase Manhattan que utiliza uma série histórica de 100 dias para um horizonte temporal de 1 dia.

2.2. Exemplo

No exemplo apresentado só iremos ter 20 observações e dois títulos, a fim de não sobrecarregar os cálculos. As etapas para calcular o VAR são as seguintes:

– As observações dizem respeito aos preços de dois títulos: 5 títulos 1 e 10 títulos 2;

– As variações de cada período relativamente ao dia anterior são calculados em valor relativo ou taxa de variação pela fórmula: (pt – pt-1) / pt-1, em que pt é o preço do dia e pt-1 o preço do dia anterior. Assim para o primeiro dia: (205-200)/200 = 2,5% para título 1 e (210-220)/ 210 = .4,5% para o título 2;

– Cada título é valorizado por aplicação da variação do dia a partir do seu valor no período actual (t0). O cálculo consiste em submeter a carteira actual às variações do passado. A fórmula: p0 (1 + variação t), em que p0 é o valor actual e variação t a variação do do dia. Para o primeiro dia, temos 215 x (1 + 2,5%) = 220 e 160 x (1 –4,5%) = 153 para o título 2. Para o segundo dia, temos 215 x (1+2,4%) = 220 para o título 1 e 160 x (1+9,5%) = 175 para o título 2;

– O valor total da carteira é calculado em função do número de títulos detidos. Assim para o primeiro dia, temos: 220x 5 + 153 x 10 = 2629;

– A perdas diárias são calculadas relativamente ao valor actual da carteira (5 x 215 + 10 x 160 = 2675). As perdas são registadas com valor positivo e os ganhos com valor negativo.

– As perdas são classificadas por ordem crescente e a leitura é efectuada sobre a coluna do montante do VAR em função do nível de confiança desejado.

QUADRO 1: cálculo do VAR simulação Histórica

dia	histórico			variações		avaliação da carteira			valor carteira actual		perdas ordenadas	probabilidades
		título 1	título 2	título 1	título 2	título	título 2	total		perdas		
	-20	200	220									
	-19	205	210	2,50%	-4,55%	220	153	2629	2675	46	-245	0,05
	-18	210	230	2,44%	9,52%	220	175	2854	2675	-179	-179	0,1
	-17	195	250	-7,14%	8,70%	200	174	2737	2675	-62	-142	0,15
	-16	205	230	5,13%	-8,00%	226	147	2602	2675	73	-134	0,2
	-15	190	210	-7,32%	-8,70%	199	146	2457	2675	218	-125	0,25
	-14	190	180	0,00%	-14,29%	215	137	2446	2675	229	-104	0,3
	-13	220	150	15,79%	-16,67%	249	133	2578	2675	97	-87	0,35
	-12	180	180	-18,18%	20,00%	176	192	2800	2675	-125	-62	0,4
	-11	215	160	19,44%	-11,11%	257	142	2706	2675	-31	-31	0,45
	-10	200	170	-6,98%	6,25%	200	170	2700	2675	-25	-25	0,5
	-9	190	190	-5,00%	11,76%	204	179	2809	2675	-134	9	0,55
	-8	230	180	21,05%	-5,26%	260	152	2817	2675	-142	23	0,6
	-7	190	200	-17,39%	11,11%	178	178	2666	2675	9	46	0,65
	-6	205	220	7,89%	10,00%	232	176	2920	2675	-245	73	0,7
	-5	190	205	-7,32%	-6,82%	199	149	2487	2675	188	97	0,75
	-4	195	180	2,63%	-12,20%	221	140	2508	2675	167	167	0,8
	-3	230	170	17,95%	-5,56%	254	151	2779	2675	-104	188	0,85
	-2	205	180	-10,87%	5,88%	192	169	2652	2675	23	207	0,9
	-1	230	175	12,20%	-2,78%	241	156	2762	2675	-87	218	0,95
actual	0	215	160	-6,52%	-8,57%	201	146	2468	2675	207	229	1

Assim, o VAR, a probabilidade que a perda não ultrapasse em mais do que montante indicado para o nível de confiança desejado, é o seguinte:

– 70% dos casos: 73.
– 90% dos casos: 207.
– 95% dos casos: 218.

2.3. Vantagens e inconvenientes desta metodologia

Esta metodologia é simples em compreender e aplicar e necessita de poucos recursos informáticos.

Apresenta a vantagem de não serem necessários cálculos complexos.

O VAR é determinado sobre toda a carteira e não é a soma dos VAR individual. Toma em consideração o efeito das correlações

Se um activo não tem histórico não se pode aplicar. Neste caso, é necessário recorrer a simulações e a cálculos complexos

Se porventura um pequeno número de observações apresenta valores muito díspares vicia fortemente o cálculo, pelo que o controlo estrito dos dados torna-se indispensável

3. VAR (simulação Monte Carlo – metodologia não paramétrica)

3.1. Princípios

A maior parte dos modelos é eficaz para os instrumentos que tenham um comportamento linear ou um comportamento não linear devido à convexidade, tais como as obrigações e assimilados. Mas logo que o comportamento dum instrumento sofre rupturas bruscas e imprevisíveis, estes modelos podem não ser os mais adequados. Por exemplo, o preço de uma opção pode variar de forma imprevisível devido a uma pequena alteração do preço do activo subjacente

A principal diferença para a simulação Histórica reside na forma de se obterem os cenários simulados

Dada uma distribuição de probabilidades, as simulações (cenários) Monte Carlo constituem uma amostra gerada de forma (pseudo-) aleatória tendo em conta a referida distribuição.

A distribuição vem definida por um conjunto de parâmetros: matriz de variâncias e covariâncias, velocidades e taxas de reversão em relação à média, etc.

A flexibilidade da simulação Monte Carlo permite a geração de cenários para um amplo conjunto de pontos no tempo, permitindo simular trajectórias de evolução.

Torna-se necessário definir um vector de nódulos temporais, bem como dispor de um gerador de números aleatórios.

3.2. Exemplos

A metodologia a utilizar é a técnica de simulação aleatória dita de Monte Carlo (nome do famoso casino). Esta técnica para determinar, por exemplo, o VAR de uma opção consiste em gerar uma série de preços do instrumento subjacente, da ordem dos 5000 a 10 000, e estudar o comportamento da opção.

Um exemplo sucinto (só com 10 simulações) utilizando o modelo de Black-Scholes apresenta-se de seguida

Para simular o cálculo do valor da opção, a metodologia adopta as seguintes hipóteses:

a) A metodologia é baseada sobre a distribuição da lei normal que nos diz que a probabilidade de um valor estar próximo da sua média é elevado, ao invés da probabilidade de um valor estar longe da sua média. Um instrumento dum valor de 100 tem fracas probabilidades de atingir 10 ou 1000 num futuro próximo, por exemplo num ano. As tiragens aleatórias têm em consideração esta lei para gerar números realistas.

b) O que se procura não é a variação do instrumento em valor absoluto mas em valor relativo, portanto o seu rendimento. Uma variação de 1 não tem o mesmo significado se o instrumento vale 100 ou 2. No primeiro caso, o ganho é de 1% e no segundo é de 50%. É portanto o rendimento, e não o preço da acção que segue uma distribuição normal (distribuição lognormal).

c) Os dados do exemplo são os seguintes:

- Preço da acção original: 100.
- Desvio padrão: 20%.
- Taxa de rendimento médio (= igual à taxa de actualização) para esta categoria de acção=10%.

- Período de tempo: 1 ano.
- Preço do exercício: 95.

d) Os números aleatórios estão compreendidos entre 0 e 1 (a folha de cálculo EXCEL permite gerar tais números, ver a função rand()): primeira coluna do quadro-nível de confiança/probabilidade.

e) A primeira simulação dá um valor de 0,75. O número de desvios padrão acima da média para que 75% das variáveis estejam situadas à esquerda da curva da lei normal é de 0,6745 desvios padrão (ver coluna de número de desvios padrão). A segunda simulação dá 0,5 que corresponde à média. No EXCEL a função que nos dá esta informação é a função NORMSIN (inverso da função de distribuição normal).

f) A variação relativa ao preço da acção é calculada do seguinte modo: rendimento médio (10%) adicionado do número de desvios padrão multiplicados pelo desvio padrão (20%). Assim, para a primeira simulação temos a variação: 0,1 + 0,2 * 0,6745 = 0,2349. Este valor pode ser obtido directamente através da função. NORMINV (inverso da distribuição normal acumulativa para uma média e um desvio padrão específico).

g) Esta variação pode ser transformada em variação exponencial (a exponencial de (0,2349) corresponde a 1,26478).

h) O preço da acção com variação resultará do produto da variação exponencial pelo preço original: 1,26 * 100 = 126. Os outros preços são calculados de igual modo.

i) O valor intrínseco da opção é calculado pela diferença entre o preço da acção com variação e o preço do exercício: 126 – 95 = 31,478. Quando esta diferença é negativa o valor é zero.

j) O valor da opção é actualizado, porque ela só será exercida no prazo de 1 ano (opção europeia). A actualização é efectuada a uma taxa de juro contínua ou exponencial que assume que a taxa é composta continuamente. Assim, para uma taxa de referência de 10%, o factor de actualização será de 1/exp(0,1) = 0,9048.

k) A seguir calcula-se uma média do valor actual da opção, ou seja, 21,06 para um preço médio de acção de 116,62. É igualmente possível estimar o número de vezes em que o valor intrínseco da opção será positivo e, portanto exercido, ou seja, 60% (6 vezes em 10).

QUADRO 2: cálculo da simulação Monte Carlo: 1ª geração de números aleatórios

confiança probabilidade (a)	número desvios padrão (b)	taxa de rend	desvio padrão	variação	utilização da função norminv ©	variação exponenciada exp (var)	preço da acção	preço de acção c/ variação	preço exercício	valor intrínseco opção	factor actualização contínuo 1/ex(0,1)	valor actual opção
1	2	3	4	5=3+4*2	6	7=exp(6)	8	9=7*8	10	11=9-10	12	13=11*12
0,75	0,67449	0,1	0,2	0,234898	0,234898	1,26478	100	126,478	95	31,47798	0,904837	28,48246
0,5	0	0,1	0,2	0,1	0,1	1,105171	100	110,5171	95	15,51709	0,904837	14,04045
0,2	-0,841621	0,1	0,2	-0,068324	-0,068324	-0,933958	100	93,39576	95	0	0,904837	0
0,1	-1,281551	0,1	0,2	-0,15631	-0,15631	0,855294	100	85,52939	95	0	0,904837	0
0,85	1,036433	0,1	0,2	0,307287	0,307287	1,359731	100	135,9731	95	40,97306	0,904837	37,07396
0,79	0,806422	0,1	0,2	0,261284	0,261284	1,298597	100	129,8597	95	34,85968	0,904837	31,54235
0,22	-0,772193	0,1	0,2	-0,054439	-0,054439	0,947017	100	94,70167	95	0	0,904837	0
0,95	1,644853	0,1	0,2	0,428971	0,428971	1,535676	100	153,5676	95	58,56759	0,904837	52,99415
0,92	1,405074	0,1	0,2	0,381015	0,381015	1,463769	100	146,3769	95	51,37692	0,904837	46,48776
0,15	-1,036433	0,1	0,2	-0,107287	-0,107287	0,898268	100	89,82682	94	0	0,904837	0
							preço médio da acção	116,6226 preço			preço médio opção	21,06211

(a) utilização da função rand(). Geração de números aleatórios compreendidos entre 0 e 1

(b) inverso da função da distribuição normal: função normsinv número de desvios de padrão;

assim para um intervalo de confiança de 95%, teremos a volatilidade equivalente a 1,645 desvios-padrão da média

© inverso da distribuição normal acumulativa para uma média e um desvio padrão específico: função norminv

em 60% das vezes a opção é positiva

No entanto, se utilizássemos uma outra geração de números aleatórios o resultado seria diferente.

QUADRO 3: cálculo da simulação Monte Carlo: 2ª geração de números aleatórios

confiança probabilidade 1	número desvio--padrão 2	variação taxa de rend 3	desvio-padrão 4	variação 5=3+4*2	utilização da função norminv 6	variação exponenciada exp (var) 7=exp(6)	preço da acção 8	preço de acção c/ variação 9=7*8	preço exercício 10	valor intrínseco opção 11=9-10	factor actualização contínuo 12	valor actual opção 13=11*12
0,26733781	-0,620885	0,1	0,2	-0,024177	-0,024177	0,976113	100	97,6113	95	2,611297	0,904837	2,362799
0,61208833	0,284766	0,1	0,2	0,156953	0,156953	1,169941	100	116,9941	95	21,99409	0,904837	19,90108
0,24631463	-0,686132	0,1	0,2	-0,037226	-0,037226	0,963458	100	96,3458	95	1,3458	0,904837	1,217731
0,40672037	-0,23599	0,1	0,2	0,052802	0,052802	1,054221	100	105,4221	95	10,42209	0,904837	9,430296
0,633620766	0,348341	0,1	0,2	0,169668	0,169668	1,184912	100	118,4912	95	23,49116	0,904837	21,25568
0,08628703	-1,363978	0,1	0,2	-0,172796	-0,172796	0,84131	100	84,13095	95	0	0,904837	0
0,41206343	-0,22224	0,1	0,2	0,055552	0,055552	1,057124	100	105,7124	95	10,71241	0,904837	9,692987
0,99095823	2,363904	0,1	0,2	0,572781	0,572781	1,773191	100	177,3191	95	82,31911	0,904837	74,48541
0,26227264	-0,636355	0,1	0,2	-0,027271	-0,027271	0,973097	100	97,30974	95	2,309745	0,904837	2,089943
0,73597912	0,630998	0,1	0,2	0,2262	0,2262	1,253826	100	125,3826	94	31,3826	0,904837	28,39615
								preço médio da acção 112,4719 preço		preço médio opção 16,88321		

em 90%
o valor
é positivo

Assim, a geração de preços não é simples. Este exemplo encontra--se simplificado. Na prática, as simulações de Monte Carlo implicam:

1. Inúmeros parâmetros devem ser estipulados, como sejam: a taxa de juro, volatilidades, preços do activos subjacentes, etc., o que conduz a que o número de simulações seja elevado, a fim de serem consideradas as variações nestes parâmetros. O número de simulações pode-se elevar a largos milhares.
2. Por outro lado, estas variações alteram-se de forma contínua.
3. As correlações entre os diversos instrumentos devem ser igualmente considerada.

Uma vez tais cálculos efectuados, tendo em consideração estes ajustamentos, basta ordenar os resultados das simulações e considerar os valores mais baixos que representem 5% do conjunto, a fim de se obter o VAR com um grau de confiança de 95%.

3.3. Vantagens e inconvenientes das metodologias Monte Carlo

Ainda que este método seja mais preciso que a anterior simulação histórica para situações em que os preços dos instrumentos sofram alterações bruscas e imprevisíveis, ao considerar inúmeras situações, implica necessariamente recursos informáticos substanciais. No entanto, os recursos informáticos têm vindo a ser cada vez mais acessíveis, dado o progresso tecnológico. Por outro lado, podem-se considerar algumas simplificações a fim de diminuir o número de simulações. Este método é particularmente apropriado para carteiras que contenham instrumentos complexos, nomeadamente, opções exóticas.

4. CONCLUSÕES SOBRE O VAR

O VAR tem de ser considerado um conceito e não um sistema de cálculo. As razões da sua popularidade têm a ver com o seguinte:

– Concentra-se num dos principais tipos de preocupações dos decisores e gestores de topo – o potencial de perdas significativas.

– Pela relevância do seu significado, ganhou o suporte de importantes instituições e organismos, nomeadamente, da União Europeia e do BIS (Acordo de Basileia II).

O VAR tem como principais utilizadores as Instituições Financeira e empresas Multinacionais, que detenham carteiras de investimentos.

No entanto, o VAR encerra um nível de subjectividade significativo, nomeadamente na definição do nível ou grau de confiança, do horizonte temporal e, essencialmente, do método de cálculo. Por outro lado, não deve ser aplicado a instrumentos ilíquidos, e o valor das carteiras tem que poder ser ajustado em relação ao horizonte temporal.

Por seu turno, as etapas para medição do VAR passam por:

1. Caracterização das exposições ao risco das posições assumidas. Como exemplos de tipo de exposições (vectores-chave) temos: acções, obrigações, matérias primas, mercadorias, divisas estrangeiras, taxas de juro, volatilidades implícitas, margens ou outras.

2. Caracterização da incerteza, tendo em conta a avaliação que se faz da situação e evolução dos mercados. A caracterização da incerteza consiste em determinar a distribuição de probabilidade conjunta do vector chave, designada por processo de inferência. Para esse efeito, podem utilizar-se dados históricos ou utilizar-se técnicas de análise de

sucessões cronológicas para caracterizar a distribuição condicionada à informação existente no tempo inicial.

3. Combinação das características dos dois passos anteriores para valorizar o risco de mercado da carteira através de uma VAR metric (metodologia de medição).

BIBLIOGRAFIA

Beis, Joel (2202) Risk Management in Banking – second editiom Willey

Daripa, Arupratan; Varotto, Simone (1998) "Value ar risk and precommitment: Approaches to market risk regulation" in Economic Policy Review – Federal Reserve Bank of New York, Oct 1998 4.3, pp. 137

Dermine, Jean; Bissada, Youssef (2005) Gerenciamento de Activos e Passivos Editora ATLAS – São Paulo

Jacob, Henri; Sardi, Antoine (2000) Mangement des Risques Bancaires Éditions AFGES

Jorion, Philippe (2003) Financial Risk Manager Handbook GARP – Risk Management Library

Jorion, Philippe (1997) Value at Risk McGraw-Hill

Lopez, Jose (1998) "Methods for evaluating value-at-risk estimates" in Economic Policy Review-Federal Reserve Bank of New York; Oct 1998; 4,3, pp. 119

Tardivo, Giuseppe (2002) "Value at risk (VAR): The new benchmark for managaging market risk" in Jornal of Management & Analysys; Jan-Jun 2002; 15,1, pp. 16